



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Инженерная геология, основания и фундаменты»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Самара

2018

Печатается по решению ученого совета СамГТУ (протокол № 9 от 31.03.2017 г.)

УДК 551.49+624.131.4(075)
Б 24

Баранова М.Н.

Б 24 **Инженерная геология:** учеб. пособие / *М.Н. Баранова, Д.И. Васильева, Л.М. Бухман.* – Самара: СамГТУ, 2018. – 172 с.

ISBN 978-5-7964-2086-7

Работа делится на главы: «Основы инженерной петрологии», «Процессы геодинамики в инженерной геологии», «Инженерная геология месторождений неметаллических полезных ископаемых», «Методы построения геологических и гидрогеологических карт и разрезов». Цель данного пособия – помочь студентам в самостоятельной работе по дисциплинам: «Инженерная геология», «Геология», «Инженерная геология и механика грунтов», «Эффективные методы инженерных изысканий для строительства».

Пособие предназначено для студентов строительных специальностей и направлений подготовки (в том числе бакалавриата, специалитета и магистратуры) высших технических учебных заведений. Может быть полезно аспирантам строительных специальностей и инженерам-строителям.

УДК 551.49+624.131.4(075)
Б 24

Рецензент – канд. техн. наук, зав. каф. землеустройства и кадастров СГЭУ Власов Александр Григорьевич.

ISBN 978-5-7964-2086-7

© М.Н. Баранова, Д.И. Васильева, Л.М. Бухман, 2018
© Самарский государственный
технический университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПЕТРОЛОГИИ	7
1.1. Инженерно-геологическая характеристика горных пород и их классификация	7
1.1.1. Классификация горных пород по генезису	8
1.1.2. Классификация горных пород по инженерно-геологическим свойствам	11
1.2. Массивы горных пород и их особенности	20
1.3. Контрольные вопросы для самопроверки	25
2. ПРОЦЕССЫ ГЕОДИНАМИКИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ..	26
2.1. Эндогенные геологические процессы	26
2.2. Экзогенные геологические процессы	32
2.2.1. Выветривание	32
2.2.2. Геологическая деятельность ветра	36
2.2.3. Геологическая деятельность рек	38
2.2.4. Геологическая деятельность морей и океанов	41
2.2.5. Геологическая деятельность озер и водохранилищ	44
2.2.6. Геологическая деятельность снега, льда и ледников	48
2.3. Геологические процессы, связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод	52
2.3.1. Основы гидрогеологии	52
2.3.2. Инженерно-геологическая характеристика эрозионных процессов	57
2.3.3. Инженерно-геологическая характеристика суффозионных и карстовых явлений	59
2.3.4. Инженерно-геологическая характеристика оползневых процессов	75
2.3.5. Инженерно-геологическая оценка просадочных явлений ..	78
2.4. Инженерно-геологические процессы на территории Самарской области	82
2.5. Контрольные вопросы для самопроверки	100
3. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	101
3.1. Общие сведения о месторождениях полезных ископаемых	101

3.2. Инженерно-геологическое изучение месторождений при поиске и разведке	104
3.3. Инженерно-геологические явления при разработке месторождений открытым способом	107
3.4. Разработка полезных ископаемых на территории Самарской области	109
3.5. Геоэкологические особенности рекультивации отработанных карьеров	115
3.6. Контрольные вопросы для самопроверки	125
4. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ И РАЗРЕЗОВ	127
4.1. Общие сведения о картах и разрезах	127
4.2. Построение геологической карты	131
4.3. Построение геологической колонки	135
4.4. Построение инженерно-геологического разреза	138
4.5. Построение карты гидроизогипс	140
4.6. Построение гидрогеологического разреза	142
4.7. Контрольные вопросы для самопроверки	143
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	144
Библиографический список	146
Словарь терминов	154
ПРИЛОЖЕНИЯ	168
Приложение 1	168
Приложение 2	169
Приложение 3	170

ВВЕДЕНИЕ

Задача инженерной геологии – выявить все условия, в которых происходит взаимодействие строящихся и уже выстроенных сооружений с окружающей их природной средой.

В современных условиях инженеры-строители, как правило, сами не ведут инженерно-геологических исследований: для этого существуют специализированные инженерно-геологические организации. Однако при проектировании и ведении строительных работ инженеры-строители должны знать, понимать и учитывать инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительной площадки. Они должны уметь правильно и вовремя поставить перед геологом задачи инженерно-геологических исследований.

Дисциплина «Инженерная геология» включает разделы как теоретического, так и прикладного характера:

- по инженерной петрологии (физико-механические свойства горных пород, характеристики скальных, полускальных, рыхлых несвязных и глинистых горных пород);

- по инженерной геодинамике (инженерно-геологические процессы и явления);

- по инженерной геологии полезных ископаемых (поиск, разведка и эксплуатация месторождений строительных материалов);

- по изысканиям (построение простых геологических и инженерно-геологических разрезов и карт).

История геологического формирования земной коры представляет собой весьма длительный период времени, который богат глобальными событиями образования горных пород, их изменениями, включая выветривание, образование новых минералов и различные геодинамические процессы в массивах, формирующие рельеф. Эти процессы предопределяют инже-

нерно-геологические условия территорий и образование месторождений полезных ископаемых.

Информация по инженерной геологии полезных ископаемых позволит студентам приобрести практические знания для составления геологической документации, для понимания сопоставимости строительных свойств пород, для установления условий залегания горных пород и закономерности их формирования, а также для осознания области их использования и геоэкологических последствий при эксплуатации.

В пособии рассмотрены методы построения карт, геологических и инженерно-геологических разрезов, а также теоретический материал для анализа гидрогеологических условий местности как среды для различных сооружений. Этот материал поможет студентам составить инженерно-геологическую колонку скважины, построить инженерно-геологический разрез по заданной линии на геологической карте и построить карту гидроизогипс с ее анализом.

Помимо этого, в пособии достаточно подробно изложены вопросы региональной инженерной геологии – формирование инженерно-геологических условий территории Самарской области.

Инженерная геология использует достижения других геологических наук: минералогии, петрографии, гидрогеологии, тектоники и др. В то же самое время инженерная геология подготавливает студентов строительных вузов к освоению таких дисциплин, как механика грунтов, основания и фундаменты и др.

1. ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПЕТРОЛОГИИ

1.1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Минеральные агрегаты, залегающие в виде самостоятельных тел в земной коре и имеющие определенный состав и строение, называются горными породами. Изучением процессов образования, условий залегания, строения, состава горных пород и их физико-механических свойств занимается инженерная петрология.

Горные породы, состоящие из одного вида породообразующих минералов, называются мономинеральными, а если из нескольких – полиминеральными. В результате физико-химических условий формируются породы различного минерального состава с определенными структурами и текстурами, которые оказывают влияние на их физико-механические свойства. В инженерной петрологии изучение горных пород направлено на исследование формы сложения массива, устойчивости к выветриванию, прочности под действием нагрузки, водопроницаемости и других возможных факторов воздействия.

В инженерной геологии изучение петрографических особенностей пород необходимо для выяснения степени однородности и возможной изменчивости строения, состава и свойств той или иной толщи, так как это влияет на их свойства. Изучение свойств горных пород возможно при определенной систематизации, то есть классификации их по генетическим и петрографическим признакам, а также по инженерно-геологическим свойствам (строительным качествам).

1.1.1. Классификация горных пород по генезису

По генезису (по происхождению) все горные породы подразделяются на три типа: магматические, метаморфические и осадочные.

Магматические породы образуются из магмы, представляющей собой огненно-жидкий силикатный расплав. Формирование их протекает в условиях большого внутреннего сжатия при тектонических движениях, создавая особые массивы и структуры.

В недрах Земли происходит образование глубинных (интрузивных) горных пород в виде батолитов, штоков, лакколлитов в условиях высокого давления и больших температур. Остывание магмы происходит медленно, равномерно, и породы приобретают полнокристаллическую средне- и крупнозернистую или порфировидную со средне- и крупнозернистой основой структуру и плотную, массивную текстуру [2].

При поверхности Земли магма разливается потоками и покровами с образованием излившихся (эффузивных) пород в виде потоков, покровов и куполов, и породы приобретают скрытокристаллическую, стекловидную или порфировую структуру и плотную, пористую или флюидальную текстуру. Излившиеся породы разделяют на кайнотипные (молодые) и палеотипные (древние), которые значительно разрушены и частично раскристаллизованы.

Существует классификация магматических пород по процентному содержанию окиси кремния, выделяют пять классов: ультракислые (пегматиты); кислые (граниты, кварцевые порфиры, липариты, обсидианы, пемзы и др.); средние (сиениты, граносиениты, диориты, гранодиориты, бескварцевые порфиры, трахиты, андезиты и др.); основные (габбро, диабазы, базальты и др.); ультраосновные (дуниты, перидотиты, пироксениты, пикриты, и др.).

Метаморфические породы – это продукты перекристаллизации ранее образованных пород в термодинамических условиях. Главными факторами, которые вызывают метаморфическое преобразование пород, являются: высокая температура, высокое давление и циркулирующие флюиды, выделяющиеся из магмы в недрах Земли в виде жидких и газообразных компонентов.

В зависимости от того, какой фактор играет главную роль в преобразовании пород, выделяют следующие типы метаморфизма: дислокационный (или катакластический), контактовый и региональный.

Катакластический метаморфизм приурочен к участкам развития дислокаций и развит в их границах. В результате формируются самые разнообразные породы – от гранитоидов до тектонических брекчий, катаклазитов и милонитов.

Контактовый метаморфизм связан с внедрением магматических масс и воздействием их на вмещающие породы. При этом самыми типичными породами являются контактовые роговики, скарны и мрамор.

Региональный метаморфизм проявляется на огромных площадях и обусловлен погружением региона на глубину для воздействия высоких температур, всесторонних давлений и флюидов. В результате происходит переплавление ряда пород с образованием кварцитов, мраморов, сланцев, гнейсов, имеющих характерную слоистость.

Осадочные породы образуются в результате вторичного отложения продуктов разрушения ранее образованных пород и при кристаллизации пересыщенных растворов на поверхности Земли. Выделяют три стадии формирования осадочных пород: гипергенез (процесс выветривания), седиментогенез (перенос, осаждение и накопление), диагенез (физическое и химическое преобразование рыхлых осадков в породу).

Все осадочные породы по условиям образования (по генетическим признакам) подразделяют на три группы: обломочные, хемогенные и органогенные.

Обломочные осадочные породы образуются за счет механического и химического разрушения ранее образованных пород. Существует классификация этих пород на подгруппы по размеру, по степени окатанности и по характеру обломков.

По характеру обломков природные скопления могут находиться в рыхлом состоянии (галька, гравий, щебень, дресва, песок, алевроит, глина), а также в виде сцементированных пород (конгломераты, брекчии, песчаники, алевролиты, аргиллиты). Сцементированные породы могут быть различного петрографического состава и с различной степенью окатанности обломков. Кроме этого, важнейшей составной частью их является цемент, а именно – его состав и характер расположения. Различают следующие типы цементации: базальный (обломки погружены в цемент и не соприкасаются); поровый (цемент заполняет поры между соприкасающимися обломками); контактовый (цемент находится в местах соприкосновения обломков).

В группе обломочных пород очень часто глины выделяют в отдельную группу за счет микроскопического размера частиц и способности уплотняться с повышенной прочностью. Глинистые породы классифицируются по составу преобладающего минерала. Структура скрытокристаллическая, текстура массивная или неясно слоистая.

Хемогенные породы образуются в водных бассейнах за счет кристаллизации и выпадением минеральных солей из истинных или из коллоидных растворов.

Классифицируются они по химическому составу на: карбонатные (известняк, мергель, доломит); кремнистые (трепел, опока, кремь); сульфатные (гипс, ангидрит); галоид-

ные (галит, сильвин); фосфатные (фосфорит); глиноземистые (боксит, латерит); железистые (бурый железняк, лимонит); марганцевые (пирролюзит, псиломелан).

Органогенные породы образуются в процессе диагенеза за счет накопления и преобразования остатков животного мира и растений на дне морей и океанов, а также на суше.

Классифицируются они, как и хемогенные, по химическому составу на следующие группы: карбонатные (известняки-ракушечники и мел); кремнистые (диатомиты и трепелы); углеродистые (горючие сланцы, асфальтиты, озокерит, нефть, торф, бурый и каменный уголь).

1.1.2. Классификация горных пород по инженерно-геологическим свойствам

По инженерно-геологическим свойствам породы, а в строительстве – грунты согласно ГОСТ 25100–95 «Грунты. Классификация», классифицируются на четыре класса:

1. Класс природных скальных грунтов (с жесткими структурными связями – кристаллизационными и цементационными). К ним относятся магматические, метаморфические и прочные сцементированные осадочные породы.

2. Класс природных дисперсных грунтов (с механическими и водноколлоидными структурными связями). К ним относятся рыхлые осадочные породы.

3. Класс природных мерзлых грунтов (с криогенными структурными связями, т.е. с наличием льда и отрицательной температурой). К ним относятся скальные и дисперсные породы.

4. Класс техногенных грунтов (с различными структурными связями, возникшими в результате деятельности человека). К ним относятся скальные, дисперсные и мерзлые породы.

Первый класс грунтов подразделяется на пять таксономических единиц: группы, подгруппы, типы, виды, разновидности. Каждая таксономическая единица имеет свои признаки: *группы* – по характеру структурных связей (с учетом их прочности); *подгруппы* – по происхождению и условиям образования; *типы* – по вещественному, т.е. химико-минеральному составу; *виды* – по наименованию грунтов с учетом размеров частиц и показателей свойств; *разновидности* – по количественным показателям состава, свойств и структуры грунтов.

В *природных скальных грунтах* различают две группы: *скальные* и *полускальные*.

В *скальных грунтах* – три подгруппы: магматические интрузивные, метаморфические, осадочные, которые имеют силикатные и карбонатные типы.

В *полускальных грунтах* – две подгруппы: магматические эффузивные, осадочные, которые имеют силикатные, кремнистые, карбонатные, сульфатные и галоидные типы. Полускальные грунты – это очень трещиноватые и выветрелые магматические породы, а также вулканические туфы и некоторые осадочные химические и органические породы.

В скальных и полускальных грунтах выделяются многочисленные разновидности по следующим параметрам:

- пределу прочности на одноосное сжатие,
- коэффициенту выветрелости,
- коэффициенту размягчаемости,
- степени водопроницаемости,
- степени растворимости в воде.

Предел прочности грунтов на одноосное сжатие определяется в водонасыщенном состоянии ($R_{сжс}$) и представляет собой отношение нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади первоначального состояния образца. При этом для скальных грунтов допустимый предел прочности

($R_{сж}$) > 5 МПа, а для полускальных — ($R_{сж}$) < 5 МПа. По пределу прочности на одноосное сжатие ($R_{сж}$) в водонасыщенном состоянии скальные и полускальные грунты подразделяют на 7 разновидностей (табл. 1).

Таблица 1

Разновидности скальных и полускальных грунтов по пределу прочности на одноосное сжатие

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ НА ОДНООСНОЕ СЖАТИЕ $R_{сж}$, МПа
Очень прочный	>120
Прочный	120-50
Средней прочности	50-15
Малопрочный	15-5
Пониженной прочности	5-3
Низкой прочности	3-1
Очень низкой прочности	<1

На прочностные показатели скальных и полускальных грунтов большое влияние оказывает *коэффициент выветрелости* (K_{wr}), т. е. отношение плотности выветрелого грунта к плотности невыветрелого. По коэффициенту выветрелости (K_{wr}) грунты подразделяют на 4 разновидности (табл. 2). При значении $K_{wr} < 0,9$ прочность грунтов значительно снижается.

Таблица 2

Разновидности скальных и полускальных грунтов по коэффициенту выветрелости

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	КОЭФФИЦИЕНТ ВЫВЕТРЕЛОСТИ K_{wr}, д. е.
Невыветрелый	1
Слабовыветрелый	1-0,9
Выветрелый	0,9-0,8
Сильновыветрелый	<0,8

Рассматриваемый класс грунтов подразделяют и по величине *коэффициента размягчаемости* (K_{sof}), т. е. по отношению пределов прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном и воздушно-сухом состояниях. По степени размягчаемости в воде грунты подразделяют на 2 разновидности (табл. 3).

Таблица 3

Разновидности скальных и полускальных грунтов по коэффициенту размягчаемости

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	КОЭФФИЦИЕНТ РАЗМЯГЧАЕМОСТИ K_{sof} д. е.
Неразмягчаемый	$\geq 0,75$
Размягчаемый	$< 0,75$

Одним из важнейших вопросов при инженерно-геологических исследованиях скальных и полускальных грунтов является оценка их трещиноватости, характеризующая водопроницаемость грунтов.

По *степени водопроницаемости* грунты подразделяют на 5 разновидностей (табл. 4).

Таблица 4

Разновидности скальных и полускальных грунтов по коэффициенту фильтрации

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ K_f, м/сут
Неводопроницаемый	$< 0,005$
Слабоводопроницаемый	$0,005-0,30$
Водопроницаемый	$0,30-3$
Сильноводопроницаемый	$3-30$
Очень сильноводопроницаемый	> 30

По степени растворимости в воде грунты подразделяют на 4 разновидности (табл. 5).

Таблица 5

Разновидности скальных и полускальных грунтов по степени растворимости

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	КОЛИЧЕСТВО ВОДНОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ q_{sr}, г/л
Нерастворимый	<0,01
Труднорастворимый	0,01–1
Среднерастворимый	1–10
Легкорастворимый	>10

Инженерно-геологическая характеристика магматических интрузивных (глубинных) пород имеет следующие значения:

- средняя плотность от 2700 до 3400 кг/м³ в зависимости от величины зерен;
- пористость менее 1 %;
- сопротивление сжатию 120-250 МПа;
- водопроницаемость зависит от количества и величины трещин;
- в процессе выветривания при длительном геологическом времени образуется щебень, дресва, песок, супесь и суглинки.

Интрузивные породы основного состава имеют высокую вязкость, а ультраосновные – способность превращаться в серпентинит.

Инженерно-геологическая характеристика эффузивных (излившихся) древних горных пород имеет следующие значения:

- плотность – 2200-3300 кг/м³;
- прочность на сжатие – 160-250 МПа;
- при выветривании распадаются на неправильные углова-

тые кусочки.

Инженерно-геологическая характеристика эффузивных (излившихся) молодых горных пород имеет следующие значения:

- плотность – до 1100 кг/м³;
- прочность на сжатие – 20-70 МПа;
- высокая пористость у стекловато-пенистых разновидностей (туф, пемза);
- при выветривании распадаются на мелкие обломки, переходящие в глину.

Инженерно-геологическая характеристика метаморфических пород с массивной текстурой имеет следующие значения:

- плотность – 2400-3000 кг/м³;
- прочность на сжатие – 10-250 МПа;
- способность к поглощению влаги ничтожна, только у мрамора – до 1 %;
- высокое сопротивление к выветриванию (кроме мрамора);
- коэффициент крепости только у кварцита – 15-20.

Инженерно-геологическая характеристика осадочных прочных цементированных пород имеет следующие значения:

- плотность – 2000-2900 кг/м³;
- прочность на сжатие зависит от состава обломков и цементирующего вещества – 40-140 МПа;
- коэффициент крепости – 2-15.

Грунты второго класса природных дисперсных грунтов состоят из отдельных обломков (зерен) различной крупности со слабыми структурными связями. Они подразделяются на две группы: связные и несвязные. Обе группы относятся к осадочным подгруппам. Связные грунты имеют несколько

типов: минеральные (силикатные, карбонатные, железистые и полиминеральные), органоминеральные и органические. Несвязные грунты имеют минеральный тип (силикатные и карбонатные).

В классе *дисперсных грунтов* разновидности выделяются по следующим параметрам:

- гранулометрическому составу (крупнообломочные грунты и пески);
- числу пластичности и гранулометрическому составу (глинистые грунты и илы);
- степени неоднородности гранулометрического состава (пески);
- показателю текучести (глинистые грунты);
- относительной деформации набухания без нагрузки (глинистые грунты);
- относительной деформации просадочности (глинистые грунты);
- коэффициенту водонасыщения (крупнообломочные грунты и пески);
- коэффициенту пористости и степени плотности (пески);
- коэффициенту выветрелости;
- коэффициенту истираемости (крупнообломочные грунты);
- относительному содержанию органического вещества (пески и глинистые грунты);
- степени разложения и степени зольности (торфы);
- степени засоленности, относительной деформации пучения, температуре (вышеперечисленные грунты).

Дисперсные грунты, особенно связные, отличаются значительно меньшей прочностью и большей деформируемостью.

Для них характерны:

- резкая изменчивость физического состояния и свойств,
- многообразии текстурно-структурных особенностей,

- высокая пористость,
- слабые структурные связи,
- различная водопроницаемость.

К связной группе дисперсных грунтов относят глинистые, а также органоминеральные и органические грунты.

Группа *несвязных дисперсных грунтов* объединяет рыхлые, сыпучие осадочные образования с очень слабыми (или практически отсутствующими) структурными связями. Различают два вида несвязных грунтов: крупнообломочные и песчаные.

По *гранулометрическому составу* крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно таблице 6.

Таблица 6

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков по гранулометрическому составу

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	РАЗМЕР ЗЕРЕН, ЧАСТИЦ d, мм	СОДЕРЖАНИЕ ЗЕРЕН, ЧАСТИЦ, % по массе
Крупнообломочные:		
валунный (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый)	>200	>50
галечниковый (при неокатанных гранях – щебенистый)	>10	>50
гравийный (при неокатанных гранях – дресвяный)	>2	>50
Пески:		
гравелистый	>2	>25
крупный	>0,50	>50
средней крупности	>0,25	>50
мелкий	>0,10	≥75
пылеватый	>0,10	<75

При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40 % или глинистого заполнителя более 30 % от

общей массы воздушно-сухого грунта в наименовании крупнообломочного грунта добавляется наименование вида заполнителя и указывается характеристика его состояния. Вид заполнителя устанавливается после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм.

По коэффициенту выветрелости (K_{wr}) крупнообломочные грунты подразделяют согласно таблице 7 на три разновидности.

Таблица 7

**Разновидности крупнообломочных грунтов
по коэффициенту выветрелости**

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	КОЭФФИЦИЕНТ ВЫВЕТРЕЛОСТИ K_{wr}, д. е.
Невыветрелый	0-0,50
Слабовыветрелый	0,50-0,75
Сильновыветрелый	0,75-1,00

По коэффициенту водонасыщения (S_r) крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно таблице 8 на три разновидности.

Таблица 8

**Разновидности крупнообломочных грунтов
и песков по коэффициенту водонасыщения**

РАЗНОВИДНОСТЬ ГРУНТОВ	КОЭФФИЦИЕНТ ВОДОНАСЫЩЕНИЯ S_r, д. е.
Малой степени водонасыщения	0-0,50
Средней степени водонасыщения	0,50-0,80
Насыщенные водой	0,80-1,00

Песчаные грунты подразделяются по: гранулометрическому составу, степени неоднородности, коэффициенту пористости, степени плотности и содержанию органических веществ.

По степени неоднородности гранулометрического состава C_u крупнообломочные грунты и пески подразделяют на однородный грунт, если $C_u \leq 3$, и неоднородный грунт, если $C_u > 3$.

По коэффициенту пористости e пески подразделяют согласно таблице 9.

Таблица 9

Разновидности песков по коэффициенту пористости

РАЗНОВИДНОСТЬ ПЕСКОВ	КОЭФФИЦИЕНТ ПОРИСТОСТИ e		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	<0,55	<0,60	<0,60
Средней плотности	0,55-0,70	0,60-0,75	0,60-0,80
Рыхлый	>0,70	>0,75	>0,80

Прочность песчаных грунтов характеризуют с помощью угла внутреннего трения φ . В песчаных грунтах он примерно равен углу естественного откоса, т. е. уклону, который образует свободная поверхность сухих песков (откос).

1.2. МАССИВЫ ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Горные породы представляют скопления минеральных масс в определенных физико-химических условиях, протекающих как в недрах Земли, так и на ее поверхности. Условия образования горных пород определяют форму массива и характер взаимоотношений его с соседними породами [36].

Для крупных *интрузивных магматических тел* по отношению к вмещающим породам характерно согласное и не-

согласное залегание. Глубинные и приповерхностные интрузивные породы образуют массивы различной формы. Одни из них расширяются книзу и не имеют нижнего контакта, а другие заполняют различные камеры по тонким каналам. Излившиеся породы образуются при вулканической деятельности. Все формы залегания описанных тел объединяются в три группы:

1. Интрузивные залежи: согласные — внедрившиеся по плоскостям напластования (силлы, лакколиты, лополиты, факолиты); несогласные — которые пересекают плоскости напластования в слоистых породах (дайки, некки).

2. Сквозные интрузии: батолиты, штоки, купола.

3. Излияния: трещинные — форма дайки или пластовой интрузии; центральные — форма некки, покрова, конуса.

Метаморфические породы образуют в зависимости от типа метаморфизма и условий залегания исходных пород крупные массивы, толщи или ограниченные зоны. Нарушение первичных структур залегания исходных пород зависит от видов метаморфизма. При статистическом метаморфизме структуры пород могут быть выражены более отчетливо в результате роста новых минералов в слоях или между слоями. При динамометаморфизме структура пород очень сильно нарушается и элементарные слои могут быть смяты в складки.

Осадочные породы образуют массивы с горизонтальным залеганием, пачки, слои, линзы и т.д. различной мощности и выдержанности по простиранию. Механические осадки приобретают слоистость в тех случаях, когда наблюдаются постепенные переходы от грубозернистых осадков до тонкозернистых. Высушивание или цементация механического осадка приводит к образованию различных форм неправильного очертания или сферических, яйцевидных, дисковидных конкреций. Кроме этого, при длительном осадконакоплении нижние пла-

сты породы находятся под давлением верхних, мощность и вес которых непрерывно увеличиваются. Сжатие осадков направлено вниз и в стороны, поэтому осадочные породы становятся более компактными не только в поперечном сечении, но и по простиранию. Уплотнение объясняется частичным выжиманием трещинных и поровых вод, а также сближением или перераспределением частиц, составляющих породу.

В химических и органических осадках, отлагающихся на поверхности (гипс, соли, сода, болотная руда и др.), слоистость возникает благодаря изменениям химического состава или количества примесей. Отсутствие изменения условий в режиме накопления осадков приводит к образованию однородных массивов. Переслаивание пород различного происхождения возникает при изменении условий во время отложений осадков на земной поверхности. Примерами переслаивания являются слои соли и гипса с пластами ила и песка в бассейнах соленых озер при колебании глубины и солености [57].

По простиранию осадочные породы на большой площади редко бывают однородными. Например, в береговых зонах крупных водных бассейнов более крупные частицы накапливаются недалеко от уреза воды, а мелкие откладываются глубже в воде. У подножий склонов в горной местности накапливаются крупные обломки, которые сменяются песком и глиной на предгорных равнинах на достаточно большом расстоянии. Форма залегания пластов может быть согласной, несогласной, прерывистой, линзовидной, косослоистой, выклинивающейся и других видов.

Геологическое изучение массивов горных пород имеет большое значение при строительстве крупных сооружений, транспортных магистралей, глубоких тоннелей и других комплексов.

Массивы скальных горных пород представляют собой мощные толщи грунтов, сформировавшиеся в определенных

палеогеографических и геолого-структурных условиях. По мнению многих геологов (Сергеев Е.М., Голодковская Г.А., Шаумян Л.В.), это геологическое тело, характеризующееся определенными геологическими, гидрогеологическими и инженерно-геологическими закономерностями.

Особенности массивов зависят от многих факторов:

- вещественного состава, структуры и текстуры горных пород;

- структуры самого массива;

- напряженного состояния земной коры.

От вещественного состава, структуры и текстуры горных пород зависит в первую очередь прочность и модуль упругости, особенно в условиях взаимодействия скальных и дисперсных грунтов с инженерными сооружениями.

По составу массивы могут быть сложены полиминеральными породами, имеющими различные структурные связи. При этом каждый минерал со своими показателями объемной массы, прочности, модуля упругости будет оказывать влияние на инженерно-геологические свойства массивов магматических пород. В мономинеральных породах одним из главных факторов будет однородность сложения, т.е. текстура для массивов осадочных пород. Структурно-текстурный показатель определяет неоднородность пород в массиве, что также оказывает влияние на прочность в поверхностных участках и на глубине. Поверхностная зона массивов на определенную глубину подвержена различным видам выветривания. Поэтому необходимо качественно оценивать устойчивость пород к процессу выветривания. При выветривании прочные породы образуют щебенку различного размера, а непрочные образуют песчано-глинистую рыхлую массу.

Структура самого массива включает слоистость, трещиноватость, неоднородность, водонасыщенность. Особенно

большое значение имеет трещиноватость массивов при инженерно-геологической оценке массива. Различают трещины отдельности, напластования, тектонические и экзогенные. Трещины отдельности характерны для магматических и метаморфических пород, а трещины напластования характерны для осадочных пород. Тектонические трещины связаны с процессами сжатия и растяжения земной коры, что чаще наблюдается у скальных грунтов. Такие трещины распространяются на большие глубины в недрах массивов и прямолинейные очертания по простиранию. Экзогенные трещины связаны с процессами внешней геодинамики и выветривания, что характерно для всех типов пород. Такие трещины неглубокие, имеют различное очертание и небольшие по простиранию. Для количественной характеристики трещиноватости еще в 1957 г. Л.Н. Нейштадтом была предложена классификация трещиноватости пород по коэффициенту пустотности, т.е. отношение площади трещин к площади исследуемого участка с учетом толщины трещин. В настоящее время применяют геофизические методы количественной оценки трещинной пустотности, прочности в массивах и состав пород. В более пластичных породах трещиноватость проявляется слабее.

Водонасыщение массивов происходит по трещинам различного размера и глубины залегания, что приводит к более интенсивным процессам выветривания и снижению прочности. Кроме этого, трещиноватость влияет на неоднородность и анизотропность массива.

Напряженное состояние земной коры зависит от характера тектонических структур, трещиноватости горных пород, неоднородности по прочности, хрупкости, пластичности, фильтрации воды и строения рельефа. Кроме вертикальных напряжений, возникают и горизонтальные, которые превышают вес вышележащих пород. Они распространяются в зонах подвиж-

ных тектонических разломов. Напряжения могут возникать и в прослоях более прочных пород, которые играют роль несущих конструкций. Любые напряжения в массивах отрицательно влияют на прочностные свойства и внешние геодинамические процессы, такие как оползни, обвалы, просадки.

1.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. На какие группы подразделяются магматические породы по происхождению и химическому составу?
2. В чем сходство и различие габбро и базальта?
3. Укажите сходство и различие гранитов, гнейсов и песчаников.
4. Назовите продукты метаморфизма известняков и кремнистых пород.
5. Что происходит с осадочными материалами на стадии диагенеза?
6. Назовите основные факторы метаморфизма.
7. Перечислите основные разновидности скальных грунтов.
8. Какие структурные связи характерны для каждого класса грунтов?
9. Перечислите разновидности дисперсных грунтов.
10. Что понимается под массивами горных пород?
11. Какие факторы влияют на особенности массивов?
12. На что влияет вещественный состав массива?
13. Что понимается под структурой массива?
14. Что определяет структурно-текстурный показатель?
15. Перечислите трещины в массивах магматических и метаморфических породах.
16. Какие трещины характерны для массивов осадочных пород?

2. ПРОЦЕССЫ ГЕОДИНАМИКИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Геологические процессы – это совокупность эндогенных, экзогенных геологических процессов. *Эндогенные* геологические процессы (гр. *endon* – внутри + ...генный) – процессы, обусловленные главным образом внутренними силами (внутренней энергией) Земли (тектонические, вулканические и др.). *Экзогенные* геологические процессы (гр. *exo* – вне, снаружи + генный) – процессы, происходящие на поверхности Земли, в самых верхних частях литосферы, и обусловленные внешними по отношению к Земле источниками энергии (солнечная радиация и др.), силой тяжести, жизнедеятельностью растений и животных, деятельностью подземных и поверхностных вод, хозяйственной деятельностью человека.

Крупнейшие формы рельефа – горы и равнины образовались за счет эндогенных процессов, а средние и мелкие (речные долины, холмы, овраги др.), наложенные на более крупные формы, – за счет экзогенных процессов.

2.1. ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

На поверхности Земли и в ее недрах постоянно протекают разнообразные геологические процессы. Некоторые из них происходят медленно и незаметно человеческому глазу, но на протяжении миллионов лет они приводят к значительным изменениям в облике Земли и ее внутреннем строении. Среди геологических процессов есть такие, которые проявляются быстро и приводят к катастрофическим последствиям (из-

вержения вулканов, землетрясения, обвалы и т.д.). Изучением геологических процессов занимается динамическая геология.

Эндогенные (внутренние) процессы проявляются при влиянии внутренних сил Земли на литосферу и представлены медленными вертикальными колебательными движениями с вертикальной составляющей и горизонтальными движениями, в том числе литосферных плит. К эндогенным процессам относятся: вулканизм, землетрясения, тектонические движения земной коры и др.

Вулканизм (от имени древнеримского бога огня – Вулкана) – это совокупность процессов и явлений, связанных с перемещением магмы в верхней мантии и земной коре, излиянием или выбросом ее в виде лавы на поверхность при вулканических извержениях. В случае если лава остывает и затвердевает раньше, чем выйдет на поверхность, образуются магматические интрузии. Вулканы – геологические образования на поверхности земной коры, где магма выходит на поверхность, с образованием лавы (дегазованная магма), пирокластических потоков, вулканических бомб и др. В зависимости от вулканической активности вулканы подразделяются на действующие, спящие, потухшие и дремлющие. Большинство вулканов приурочено к местам тектонических разломов в земной коре (*геосинклиналям*).

В соответствии с теорией **тектоники литосферных плит** поверхность Земли состоит из отдельных литосферных плит, мозаично расположенных и подвижных относительно друг друга. При их встречном движении происходит столкновение, одна из плит погружается под другую, возникает зона **субдукции**, к которой приурочены эпицентры землетрясений. В случае если литосферные плиты раздвигаются, между ними образуется **рифтовая зона**, в которой нарастает молодая земная кора. Вулканы, как правило, встречаются в этих двух зонах.

От состава лавы (содержания в ней кремнезема) зависит ее вязкость и текучесть, и, следовательно, тип вулканических извержений. Базальтовая лава, содержащая мало кремнезема, жидкая и подвижная, легко растекается с образованием протяженных лавовых потоков, характерна для гавайского типа извержений. При большом содержании кремнезема лава характеризуется высокой вязкостью, при извержении образует не потоки, а купола, и часто извержения сопровождаются взрывами и выбросом обломков.

Землетрясения – это мгновенное высвобождение энергии за счет образования разрыва в некотором объеме горных пород, при этом происходит *скачкообразная* деформация пород с образованием упругих волн. От объема пород зависит сила сейсмического толчка и выделившаяся энергия. *Гипоцентром* землетрясения называют условный центр очага землетрясения в глубине, а *эпицентром* – проекцию гипоцентра на поверхность земли. В зависимости от глубины гипоцентра различаются: мелкофокусные землетрясения – до 70 км, среднефокусные – 70-300 км, глубокофокусные – 300-700 км. Наиболее распространены землетрясения с глубиной очага 10-30 км [56].

Тектонические движения – это механические движения земной коры, вызванные процессами в глубоких недрах Земли и приводящие к деформации слагающих кору горных пород. Выделяют следующие виды тектонических деформаций: деформации крупных прогибов и поднятий, складчатые и разрывные. Первый тип деформаций выражается в медленных пологих поднятиях и прогибах земной коры большого радиуса. Такие тектонические движения бывают вертикальные и горизонтальные; имеют определенную периодичность, которая проявляется в изменении направления или скорости во времени. Относительно короткопериодические вертикаль-

ные тектонические движения с частой переменной знака называются колебательными, они служат причиной трансгрессий и регрессий моря, образования морских и речных террас. По времени образования выделяются *новейшие тектонические движения*, которые отражаются в современном рельефе Земли и могут быть изучены не только геологическими, но и геоморфологическими методами; и *современные тектонические движения*, которые можно изучать геодезическими методами (повторными нивелировками и др.). Новейшие и современные тектонические движения изучает неотектоника. Скорость горизонтальных тектонических перемещений литосферных плит составляет 0,1-5 см/год. Вертикальные опускания или поднятия на равнинах не превышают 0,5 см/год, а в горных областях – могут достигать 2 см/год.

Складчатые деформации возникают при пластических уплотнениях и сжатиях слоистых толщ горных пород из-за движения отдельных блоков земной коры. Складки по морфологии подразделяются на выпуклые (антиклинали) и вогнутые (синклиналь). В центре (ядре) выпуклой складки располагаются более древние горные породы, на крыльях – более молодые; у вогнутой складки, наоборот, в ядре расположены более молодые отложения (рис. 1). По положению осевой линии выделяют прямые, косые, опрокинутые, лежащие и др. складки.

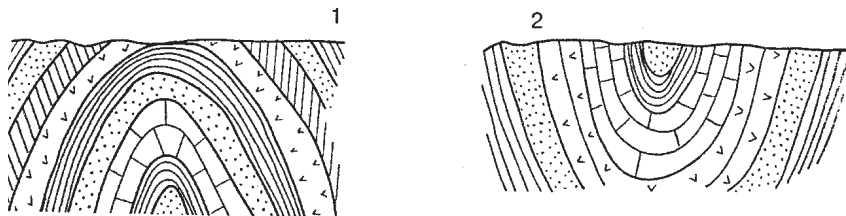


Рис. 1. Виды складчатых деформаций горных пород
(1 – антиклиналь, 2 – синклиналь)

На платформенных территориях в слоистых толщах горных пород иногда встречаются коленообразные изгибы-ступени, которые называются **флексуры** (рис. 2). Они могут достигать десятков километров. Примером флексуры являются Жигулевские горы, расположенные на Самарской Луке в Самарской области в Среднем Поволжье. Жигулевская дислокация представляет собой усиливающуюся с глубиной флексуру, имеющую опущенное северное крыло. По полученным в 1960-х годах данным бурения, дислокация образовалась из-за разлома (взброса) в кристаллическом фундаменте, который называют Жигулевским разломом [45].

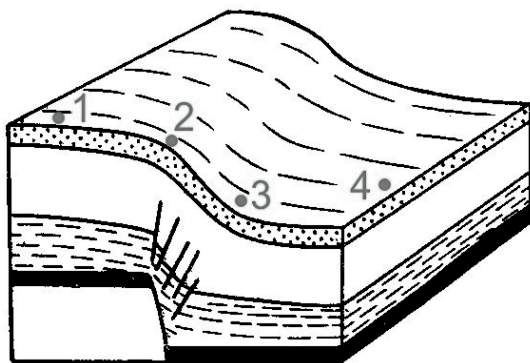


Рис. 2. Флексура
(1-2 – поднятое крыло,
3-4 – опущенное крыло,
2-3 – смыкающее крыло)

Разрывные тектонические деформации – это нарушения сплошности (целостности) горных пород (рис. 3).

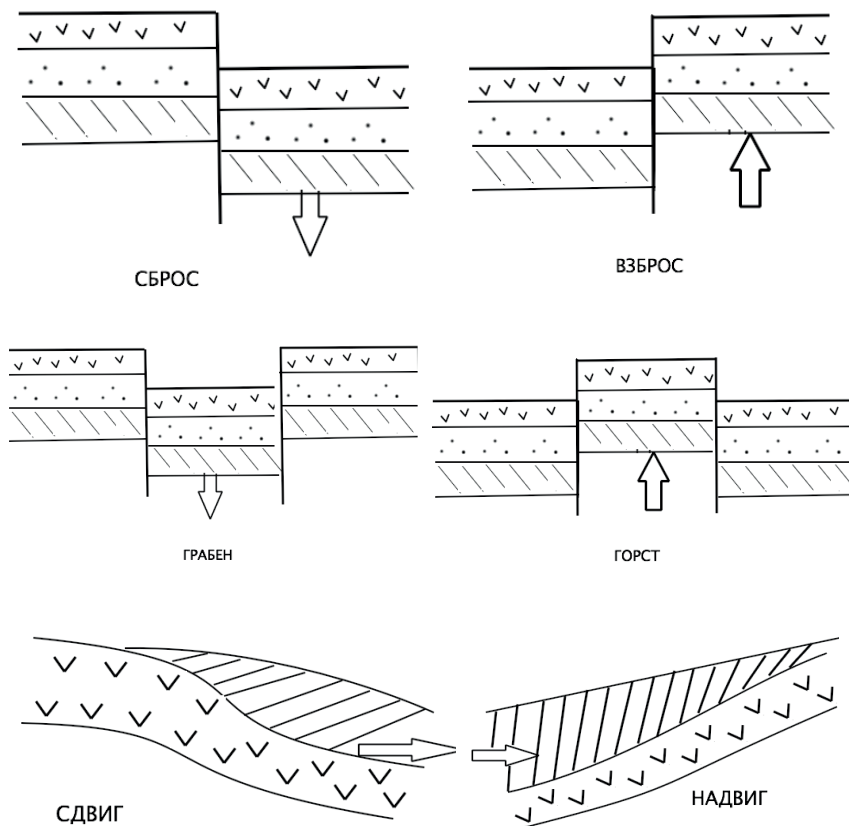


Рис. 3. Виды разрывных тектонических деформаций

Они могут быть без смещения (тектонические трещины) или со смещением. Величина смещения может быть различной – от нескольких сантиметров до нескольких километров. В зависимости от направления смещения разрывные деформации подразделяются на: сбросы, сдвиги, надвиги и комбинированные. Разрывные нарушения со смещением могут группироваться в системы нарушений (горсты и грабены).

2.2. ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Экзогенные (внешние) процессы связаны с воздействием на литосферу внешних сфер Земли – атмосферы, гидросферы и биосферы. В экзогенных процессах по характеру проявления можно выделить следующие стадии: денудация (разрушение), перенос (транспортировка) и аккумуляция (накопление). *Денудация* – это совокупность процесса сноса продуктов разрушения горных пород с возвышенностей в понижения рельефа под действием силы тяжести, потоков воды, ветра и ледников. Денудация приводит к разрушению горных систем, выравнивая рельеф (например, срезание поверхности в результате денудации Русской равнины составляет около 0,03 мм за год). *Аккумуляция* – это процессы накопления осадков, принесенных денудацией. Рассмотрим некоторые из этих процессов подробнее.

К экзогенным геологическим процессам относятся: выветривание (физическое, химическое и биологическое), геологическая деятельность ветра, поверхностных и атмосферных вод, рек, озер, водохранилищ и подземных вод. Экзогенные процессы протекают повсеместно, часто носят скрытый характер, но оказывают заметное влияние на инженерные сооружения, рельеф, условия строительства в городе. В некоторых случаях экзогенные процессы значительно осложняют вопрос использования земель в городе (подтопление территорий, паводковые разливы рек, оползни и др.).

2.2.1. Выветривание

Выветриванием называются процессы разрушения и изменения состава горных пород, происходящие под воздействием воды, льда, воздуха, колебаний температуры, жизнеде-

тельности живых организмов. Выветриванию подвергаются не только природные минералы и горные породы, но и строительные материалы (стены и фундаменты зданий, подземные и наземные строительные конструкции, коммуникации и т.д.).

Наиболее активно процессы выветривания наблюдаются в верхней части земной коры, на контакте с атмосферой, с глубиной интенсивность выветривания ослабевает. Глубина проникновения и воздействия поверхностных агентов зависит от состава и строения пород – в плотных скальных породах процесс выветривания идет лишь с поверхности, а в пористых и трещиноватых грунтах глубина выветривания больше (до 5-10 м). Деятельность человека способствует проникновению выветривания в толщу пород при отрывке котлованов, проходке тоннелей и пр. Процессы выветривания дробят породы, меняют химико-минералогический состав и ухудшают строительные свойства грунтов; первичная монолитная порода превращается в рыхлое образование, которое называется *элювием*, или *корой выветривания*.

В зависимости от природы агентов выветривания выделяют: физическое (механическое), химическое и биологическое выветривание. В природе все виды выветривания протекают, как правило, одновременно, усиливая и дополняя друг друга.

Физическое выветривание – это механическое разрушение (распад) горных пород без изменения минералогического состава. Оно протекает под действием следующих агентов: резкие колебания температуры, расширение воды при замерзании, кристаллизация солей в капиллярах, механическая сила ветра, давление растущих корней растений и др. В результате таких воздействий из монолитной породы образуется рыхлая масса обломков. Термический эффект при выветривании (термическое выветривание) вызывается неодинаковым температурным расширением различных минералов, которые

имеют разные коэффициенты расширения. Темные минералы (роговая обманка, биотит, авгит и др.) нагреваются сильнее.

Разрушение горных пород при расширении замерзающей воды (льдом) называется «морозным выветриванием». Наиболее сильно физическое выветривание протекает в областях с резко континентальным климатом, где велик перепад суточных и сезонных температур.

Химическое выветривание протекает в результате реакций горных пород с водой и растворенными в ней веществами. Вода является универсальным растворителем. Вода в природе всегда содержит растворенные вещества: кислород, углекислый газ, органические кислоты, соли – хлориды, сульфаты, нитраты. Под действием подобных растворов в горных породах протекает растворение солей, гидратация (присоединение воды, часто происходит с увеличением объема, например, переход ангидрита в гипс сопровождается увеличением объема до 50-60 %), окисление (сульфидов, силикатов, органических соединений).

По устойчивости к выветриванию различают минералы: высокоустойчивые (кварц, мусковит, лимонит, корунд), среднеустойчивые (ортоклаз, биотит, апатит) и неустойчивые (плагиоклаз, пирит, роговая обманка, кальцит).

Скорость химического выветривания зависит от гидротермических условий – чем выше температура и влажность, тем интенсивнее идет выветривание.

Биологическое выветривание протекает под воздействием живых организмов – микроорганизмов (микробов) и макроорганизмов (черви, жуки, личинки, кроты, суслики), включая растения – высшие и низшие (лишайники, мхи, древесная растительность). Этот вид выветривания связан с почвообразованием. Если при физическом и химическом выветривании происходит только превращение магматических горных по-

род в осадочные, то при биологическом выветривании образуется почва, в ней накапливаются элементы питания растений и органическое вещество.

В почвообразовательном процессе участвуют бактерии, грибы, актиномицеты, зеленые растения, а также различные животные (дождевые черви, землеройные животные, насекомые и др.). Горные породы разлагают и многочисленные микроорганизмы. Микроорганизмы являются «пионерами» жизни: они способны поселяться на необитаемых ранее горных породах. Например, нитрифицирующие бактерии образуют сильную азотную кислоту, а серобактерии – серную кислоту, которые энергично разлагают алюмосиликаты и другие минералы. Силикатные бактерии, выделяя органические кислоты и диоксид углерода, разрушают полевые шпаты, фосфориты и переводят калий и фосфор в форму, доступную для растений.

Водоросли (диатомовые, сине-зеленые, зеленые и др.) разрушают горные породы, например, диатомовые; водоросли для построения своего скелета могут извлекать из алюмосиликатов кремниевую кислоту.

Лишайники, поселившись на горных породах, могут разрушать их путем выделения особых лишайниковых кислот и диоксида углерода; гифы лишайника могут проникать в тонкие поры и трещины горных пород, что приводит к их физическому разрушению. Под лишайниками происходит некоторое накопление фосфора, калия, серы и других элементов, наличие которых обуславливает поселение на их месте мхов, а затем и высших растений. Мхи задерживают много влаги, что еще усиливает разрушение пород [35].

Зеленые растения выделяют органические кислоты и другие биогенные вещества, которые взаимодействуют с минеральной частью, образуя сложные органоминеральные соединения. Корневые системы избирательно усваивают зольные

элементы. После отмирания растений в верхних почвенных горизонтах происходит накопление азота, фосфора, калия, кальция, серы и других биогенных элементов. Кроме того, корни растений, особенно древесных, проникая вглубь горных пород по трещинам, оказывают давление на породы и разрушают их механически.

Таким образом, под воздействием физического, химического и биологического выветривания горные породы разрушаются, обогащаются мелкоземом, глинистыми и коллоидными частицами, приобретают поглотительную способность, становятся влагоемкими, водо- и воздухопроницаемыми; в них накапливаются элементы питания растений и органическое вещество. Это приводит к возникновению существенного свойства почвы – плодородия, которого не имеют горные породы.

2.2.2. Геологическая деятельность ветра

К группе экзогенных геологических процессов, в результате которых происходит денудация, относится геологическая деятельность ветра. **Ветром** называется движение воздуха в горизонтальном направлении из-за разности атмосферного давления, возникающей от неодинакового нагревания воздуха. Скорость ветра может достигать 50-60 м/сек (200 км/час).

Ветер – это могучая, чрезвычайно распространенная планетарная геологическая сила, которая производит разрушительную и созидательную работу. Под геологической работой ветра понимают изменение поверхности Земли под влиянием движущихся воздушных потоков. Ветер разрушает горные породы, переносит мелкий обломочный материал и отлагает его на поверхности Земли ровным слоем или в определенных местах. Производимая ветром работа зависит от его скорости.

Наибольшую разрушительную работу производят на поверхности Земли пыльные вихри, возникающие из-за пере-

грева воздуха, и смерчи, связанные с грозowymi облаками. Геологическая деятельность ветра сильнее проявляется в областях с сухим климатом, где растительный покров отсутствует или слабо развит. Все явления, связанные с воздействием ветра, называются *эоловые* процессы (*Эол* – бог ветра в древнегреческой мифологии), или *дефляционные*, а отложения, которые образуются в результате таких процессов, называются *эоловыми отложениями*. Эоловые процессы включают в себя разрушение горных пород, перенос продуктов разрушения и их аккумуляцию.

Разрушительная работа ветра: ветер разрушает земную поверхность при непосредственном соприкосновении воздушных потоков с рыхлыми или сцементированными породами – этот процесс называется *дефляция*, а также при помощи твердых частиц (песчинок), которые он переносит, – этот процесс называется *коррозия*. Дефляция особенно интенсивно проявляется в районах, лишенных растительности. Эоловый перенос проявляется в перемещении на большие расстояния тонкодисперсного обломочного материала – песчинок, пылеватых частиц и мелких камешков. Наиболее ярким проявлением геологической деятельности ветра является пыльная буря – это песчано-пылеватый поток шириной до 300-500 м со скоростью до 60 км/час, который способен перенести в сотни тысяч раз больше обломочного материала, чем река шириной 2-3 км со скоростью 5-10 км/час. Созидательная работа ветра проявляется в образовании (аккумуляции) эоловых отложений, которые по составу подразделяются на глинистые, пылеватые и песчаные.

Формы песчаной эоловой аккумуляции. *Дюны* – это холмовидные накопления песка на побережьях рек, озер, морей высотой до 20-40 м, образуются возле какого-либо препятствия (стены здания, неровности рельефа, кустарники). Скорость движения дюн – от 1 до 20 м/год. Растительность может задер-

живать движение дюны. Дюны часто образуют цепь холмов. *Барханы* – это песчаные холмы серповидной формы, которые образуются в пустынях при преобладании ветра одного направления. Барханные цепи могут занимать сотни и тысячи км². Скорость движения барханов – от 5-6 до 50-70 м/год и больше.

Геологическая деятельность ветра, как правило, приводит к неблагоприятным последствиям для человека: уничтожаются плодородные земли, разрушаются здания и сооружения, засыпаются транспортные коммуникации.

2.2.3. Геологическая деятельность рек

Реками называются естественные и постоянные, значительные потоки воды. Главное для рек – наличие постоянного источника воды, которое может быть: ледниковым (реки в пустынях, окаймляющих высокие горы, – Амударья и др.); дождевым; снеговым; смешанным (большинство равнинных рек России); подземным (питание грунтовыми водами). Роль каждого источника зависит от сезона (зимой увеличивается роль подземного питания, весной – паводки за счет таяния снега).

Геологическая деятельность рек состоит: 1) в разрушении (водной эрозии) горных пород, 2) переносе продуктов разрушения, 3) отложении (аккумуляции) этих продуктов в виде осадков, называемых аллювием (a, all). Аллювиальные отложения очень изменчивы по вещественному составу и свойствам. Состав аллювия зависит от скорости транспортирующего речного потока, выпадение осадка происходит при снижении скорости. Русловые осадки – самые грубые (галечник, гравий, крупнозернистый песок). Пойменные осадки образуются во время паводков, при небольших скоростях течения реки и имеют более тонкодисперсный состав (мелкозернистые пески, суглинки, глины). Старичные отложения, образующиеся в практически стоячих водоемах, – илы, часто с органическими остатками [24].

Реки, подобно оврагам, растут вершиной, пока не достигнут водораздела. Продольный профиль реки имеет три участка: 1) в верхней части имеет место в основном донная эрозия, 2) в средней части происходит разрушение берегов и перенос материала, 3) в нижней части – выпадение (аккумуляция осадков). Реки последовательно вырабатывают т.н. профиль равновесия, когда практически прекращается донная и боковая эрозия реки. Размыв происходит до установления профиля равновесия. В устьях рек образуются дельты – площади аккумуляции речных наносов.

Геологическая история (жизнь) реки выражается в строении речных долин (рис. 4). Их поперечный профиль в среднем течении имеет следующие элементы: 1) русло, 2) пойма (пойменная терраса), 3) надпойменные террасы (нумеруются снизу вверх), 4) коренные породы под речными отложениями, могут выходить по берегам и склонам.

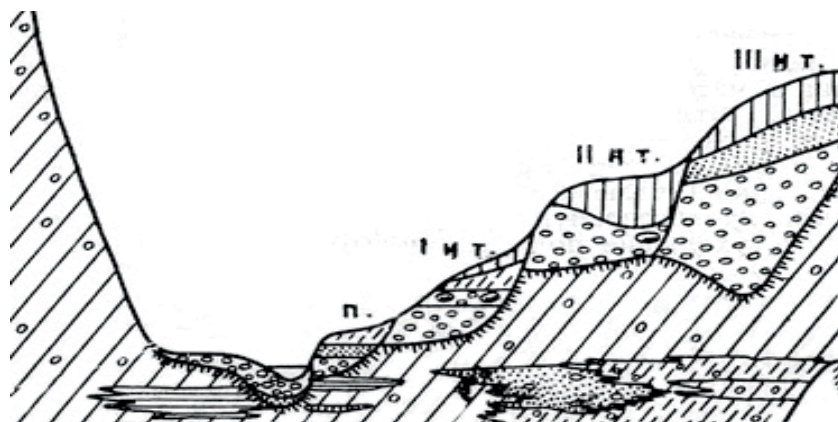


Рис. 4. Строение речной долины [34] (п – пойма, I – первая, II – вторая, III – третья надпойменная терраса), где
 // — породы коренного берега (например, известняки);
 ••••• — глины; ||| — суглинки; ————— — пески

Террасы характеризуются шириной и высотой, они шире в нижней части. Каждая терраса когда-то была поймой. Количество террас может быть до 10-15 шт. Террасы могут быть 3-х типов: 1) эрозионные, 2) аккумулятивные, 3) эрозионно-аккумулятивные («цокольные») (рис. 5).

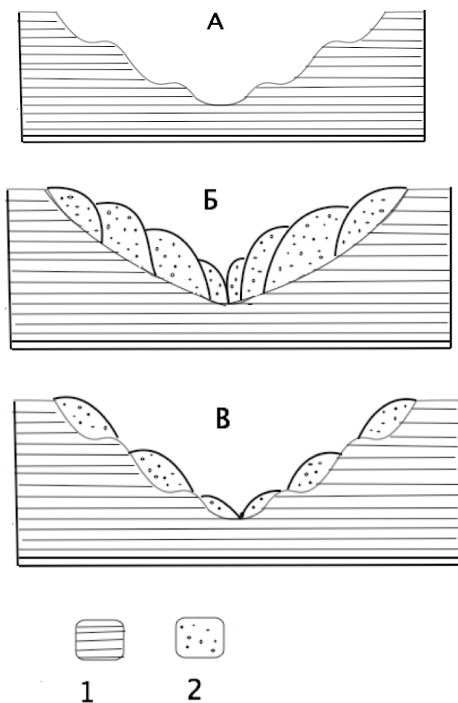


Рис. 5. Типы речных террас. А – эрозионные, Б – аккумулятивные, В – цокольные (1 – коренные породы, 2 – аллювий)

Причины образования террас: 1) изменение климата (потепление в межледниковья в четвертичном периоде приводило к бурному таянию ледников и «оживлению» рек), 2) не-

отектоника (колебательные движения земной коры в четвертичном периоде, которые ломали продольный профиль рек), 3) колебание количества и крупности материала, переносимого рекой.

Различают два вида эрозии реки – *донную* (протекает в основном в верхней части реки) и *боковую* (в средней и нижней частях). Боковая эрозия вызывает подмыв и переработку берегов, зависит от горных пород. С боковой эрозией и аккумуляцией связана асимметрия долин, когда террасы могут быть только с одной стороны. Асимметрия долин объясняется также законом Бэра (1857 г.), согласно которому происходит подмыв правых берегов рек, текущих в северном полушарии.

Основную опасность представляет боковая эрозия, вызывающая подмыв и обрушение берегов, появление обвалов, оползней. Скорость размыва лессовых берегов достигает 20 м/год.

Аллювиальные отложения. Состав аллювия отражает скорость транспортирующего потока. Выпадение осадка происходит при уменьшении скорости. Основные виды аллювия: 1) русловой, 2) пойменный, 3) старичный, 4) дельтовые осадки (при впадении реки в море). Русловые осадки – самые грубые (галечник, гравий, крупнозернистый песок). Пойменные осадки образуются во время паводков (мелкозернистые пески, суглинки, глины). Старичный аллювий представлен илами, часто содержащими органические остатки. Аллювиальные отложения очень изменчивы по вещественному составу и свойствам. В целом наблюдается уменьшение крупности по длине долины от истока к устью [36].

2.2.4. Геологическая деятельность морей и океанов

Моря и океаны занимают 2/3 поверхности планеты и являются мощным экзогенным геологическим фактором. В море

образуется большинство осадочных пород в виде мощных толщ известняков, мергелей, солей, глин, гравия, гальки, песков. Их образованию предшествовало разрушение других (материнских) пород, перенос морскими течениями и отложение на новом месте. В вертикальном разрезе склона океана выделяются следующие участки:

1) зона шельфа (англ. – мель, полка, уступ). Это прибрежная мелководная (до глубины 200 м) зона, которая окаймляет сушу полосой иногда на сотни км,

2) материковый склон (200-2000 м),

3) океаническое ложе (2-6 км),

4) глубоководные впадины (> 6 км).

Разрушительная работа моря сильнее всего выражена вблизи берегов и проявляется в их разрушении под действием морского прибоя – этот процесс называется *абразией*. Сила морских волн создает давление до $P=10$ тс/м², а океанических – до $P=30$ тс/м² (где тс – тонна-сила). Морская волна может перемещать глыбы весом до 40 т. В зоне шельфа разрушение берега происходит за счет ударов морских волн и за счет морских течений (прибрежных, донных, приливов и отливов). По отвесным берегам высота волн достигает 20 м. Устойчивость берега зависит от состава и напластования пород. Быстро разрушаются берега из рыхлых осадочных пород. На глинистых берегах часто образуются оползни (район г. Сочи, г. Туапсе).

Образование абразионных и аккумулятивных террас объясняется вертикальными тектоническими движениями с остановками. Наличие террас выше зоны пляжа свидетельствуют о поднятии берега, а наличие подводных террас – о его опускании. Пляж – это берег, перекрываемый морской волной или приливом.

Транспортирующая деятельность морских волн и течений. Постоянные течения (теплые и холодные) имеют скорость ме-

нее 1 м/сек, лишь Гольфстрим – 2,5 м/сек. Морские течения переносят лишь очень мелкие частицы. Гораздо существеннее действие береговых косых волн на пляже, которые перемещают пляжный материал в зависимости от направления ветра. На Черном море обломки диаметром 5-6 см способны перемещаться вдоль берега со скоростью до 100 м/сут (иногда до 700 м/сут). Перенос обломочного материала может разрушать берег, если не поступает новый материал, например, приносимый реками. Песчано-гравийно-галечниковый пляж защищает берег от разрушения, поэтому вывоз гравия представляет опасность для берегов.

Берегоукрепительные сооружения бывают пассивными и активными. *Пассивные* – волноотбойные стенки из монолитного железобетона вдоль берега, но они испытывают сильное истирание песчано-гравийным материалом. *Активные* – буны и волноломы. Буны – поперечные железобетонные стенки, опирающиеся на сваи, которые задерживают наносы, переносимые вдоль берега. Они могут быть в виде железобетонных ящиков-понтонных, заполненных бетоном или бутобетоном. Волноломы создают вдоль берега из железобетонных коробов или монолитного бетона, притопленных у поверхности моря на 0,3-0,5 м на глубине 3-4 м; чтобы мягко гасить волны со стороны моря, волнолом имеет пологую грань. В качестве армирующего элемента используются тетраподы – бетонные фигуры с 4-мя усеченными конусами, которые хорошо закрепляются в грунте или каменной наброске.

Морские отложения подразделяются на обломочные, химические (хемогенные), органогенные (биогенные), смешанные и вулканогенные. В шельфовой зоне: у берегов, на пляже и мелководье – накапливается грубообломочный материал – галечник, гравий, крупнозернистый песок. На мелководье (20-40 м) живут кораллы – кишечнополостные животные с из-

вестковым скелетом. Их около 6 тыс. видов, и для их развития требуется чистая и теплая вода. Из скелетов кораллов образуются органогенные осадочные отложения. Наибольшая мощность коралловых рифов образуется при постепенном опускании дна моря, где скорость их роста достигает 1 см/год (до 800 м атолл Бикини). В прошлые геологические эпохи кораллы были широко распространены и сформировали огромные толщи органогенных пород. В мелководных закрытых морских бассейнах типа лагун (участках моря, отделенных от него каким-либо барьером) осаждаются соли согласно закону растворимости – CaCO_3 , CaSO_4 , NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 . При этом образуются хемогенные осадочные породы. В случае, когда происходит привнос глинистого материала реками, то в зоне шельфа отлагаются глинистые осадки, иногда с прослоями песка, а совместное осаждение карбонатов и глин частиц формирует отложения мергеля.

2.2.5. Геологическая деятельность озер и водохранилищ

Озера – замкнутые углубления суши, заполненные водой и не имеющие связи с Мировым океаном. Они могут быть весьма крупными: Каспий (глубиной до 1025 м в Южно-Каспийской впадине), Байкал (глубиной до 1642 м в точке с координатами $53^{\circ}14'59''$ с. ш. $108^{\circ}05'11''$), Ладожское (глубиной до 233 м) и др.[30]. Происхождение озер различное: 1) тектонические впадины-сбросы в земной коре (Байкал, Иссык-Куль), 2) вековые опускания суши (Каспий), 3) ледниковые и речные озера с плотинами-запрудками, образованные в результате обвалов, 4) карстовые. По условиям питания озера бывают: атмосферными, образующимися за счет стока поверхностных вод и за счет подземного питания.

По химическому составу озера могут быть хлоридными, сульфатными, содовыми. По содержанию солей: 1) пресные

с концентрацией солей до 1,0 г/л, 2) солоноватые – 1,0-3,5 г/л, 3) соленые – более 3,5 г/л.

Геологическая деятельность озер и водохранилищ подразделяется на разрушительную и созидательную. Разрушение берегов озер менее значительно, чем берегов море, за счет меньшего размера волн. Меры, применяемые для борьбы с разрушением берегов, те же, что и на морских побережьях (подпорные и волноотбойные стенки, волноломы, буны и другие сооружения), но имеющие меньший размер. Созидательная деятельность озер состоит в накоплении озерных осадков – обломочных, химических и биогенных. В пресноводных озерах при удалении от берега образуются галечники, пески, глины, озерный мергель. Органические породы в виде торфа образуются у берегов, а в центре мелководных озер идет осаждение органического (гнилостного) ила – сапропеля. Сапропель – это вязкая студнеобразная масса темно-серого цвета, насыщенная микроорганизмами.

Мелководные озера часто могут заиливаться, заторфовываться и переходить в болота. Заболачивание начинается с берегов озера в результате разрастания болотной растительности – осок, тростника, кувшинки, водяного хвоща. Отмирая, растения попадают на дно водоема, но в анаэробных условиях не разлагаются полностью, а накапливаются и образуют торф. При этом водоем постепенно мелеет, его водная поверхность сокращается и постепенно он полностью заторфовывается, формируется низинное болото, в котором под торфом находится сапропель. Верховые болота образуются за счет скопления избытка атмосферных осадков и талых вод. Кроме этого, может возникать мелиоративное, техногенное заболачивание территорий при подъеме уровня грунтовых вод.

Строительство на заболоченных участках, которые занимают около 10 % нашей страны, имеет определенные особен-

ности. На данной территории должны учитываться два негативных фактора – высокий уровень грунтовых вод с выходом их на поверхность и низкая несущая способность болотных отложений, их высокая сжимаемость и неоднородность.

Водохранилища – это искусственные водоемы. Они предназначены для задержания, накопления, хранения и перераспределения во времени воды – регулирования речного стока с целью использования его для удовлетворения нужд народного хозяйства: выработки электрической энергии, орошения, водоснабжения, водного транспорта. По характеру водообмена, в большой мере определяющему тип водного режима водоема в самых различных аспектах, основная масса водохранилищ занимает промежуточное положение между реками (с их ускоренным транзитным водообменом) и озерами. Воды водохранилища с большой силой давят на водоносные слои берегов. Скорость их проникновения в берег (фильтрация) зависит от гранулометрического (механического) состава пород, слагающих территорию [27].

Большую роль в обрушении берегов водохранилищ играет *абразия* (лат. abrasio – соскабливание) – это процесс разрушения и сноса суши волнами водохранилищ, что приводит к переформированию берегов. Ударяясь о берег, волны непрерывно его подмывают, подтачивают и сглаживают все выступы и неровности. Скорость абразии (отступления прибрежного уступа) и продолжительность периода выработки равновесного профиля зависят от геологического строения склона и прочности пород, слагающих берег, от высоты и крутизны абразионного уступа, гидрогеологических и климатических условий района, от уровненного и ветрового режима водохранилища (от энергии волн, их направления и повторяемости), от ширины водного зеркала водохранилища.

Интенсивность абразии также зависит от степени волнового воздействия, т.е. от бурности водоема. Важнейшим ус-

ловием, предопределяющим абразионное развитие берега, является относительно крутой угол исходного откоса (больше 0,01) прибрежной части дна моря, озера или водохранилища. Абразия создает на берегах широкую подводную волноприбойную абразионную террасу, или бенч (англ. bench), и абразионный уступ, или клиф. По мере того как берег разрушается вглубь суши, и возрастает ширина этой террасы. При этом в результате разрушения горных пород берега образуются песок, гравий, галька, которые могут вовлекаться в процессы перемещения наносов и служить материалом для образования береговых аккумуляторных форм. Часть материала сносится волнами и течениями к подножью абразионно-подводного склона, образуя прислоненную аккумуляторную террасу. По мере расширения абразионной террасы абразия постепенно затухает (так как расширяется полоса мелководья, на преодоление которой расходуется энергия волн) и при поступлении наносов может смениться аккумуляцией. Если уровень водохранилища повышается относительно прилегающего берега, разрушительная работа волн проникает дальше вглубь материка и ширина абразионной террасы возрастает.

На склонах искусственных водохранилищ, уклоны которых в прошлом формировались иными, не абразионными факторами, и берега которых геоморфологически молоды, темп абразии особенно высок – до десятка метров в год.

Абразия приводит к понижению устойчивости уклонов при размыве их оснований, что способствует активизации оползневых процессов. Переформирование берегов сильно осложняет освоение прибрежной зоны водохранилищ [29].

В зоне крупных водохранилищ происходит искусственное **подтопление территорий**. Подтопленными называют территории, на которых грунтовые воды находятся ближе, чем 3 метра к поверхности, т.е. достигают глубины расположе-

ния большинства подземных коммуникаций, подвалов зданий и сооружений. Процессы подтопления могут выражаться в повышении уровня грунтовых вод, а также в образовании техногенного водоносного горизонта. Причины подтопления – создание водохранилищ, значительные утечки воды из городской сети, избыточный полив улиц, газонов, а также перераспределение снега и его таяние в местах скопления. В результате подтопления – затопление подвалов зданий и подземных коммуникаций, повышение сейсмичности территории, снижение несущей способности грунтов – приводят к преждевременным деформациям и выходу из строя сооружений, распространению комаров в помещениях, рецидивам заболеваний, угнетению растительности.

Сооружение водохранилищ, помимо запланированных положительных последствий, приводит к побочным негативным явлениям. К ним относят: переформирование берегов – размыв, обрушение, просадка, осыпи, активизация оползней, провалы; изменения в химическом составе грунтовых вод; заболачивание земель и засоление почв; образование в отрицательных формах рельефа озер, где их ранее не было; изменение климата. Все это связано с поступлением на окружающую местность дополнительной влаги [30].

2.2.6. Геологическая деятельность снега, льда и ледников

Вода в твердом состоянии является геологическим фактором большой важности. В зимнее время снег покрывает большую часть нашей страны. Роль снега велика: питает влагой почву, реки, грунтовые воды, является хорошим термоизолятором, уменьшает глубину промерзания, влияет на климат, растительный и животный мир. На склонах гор таяние снега вызывает снос продуктов выветривания и образует делювий.

Ледники на поверхности Земли занимают 11 %, их объем 50 млн км³. Поэтому если растает Антарктида, то уровень мирового океана поднимется на 40 м, а если Гренландия – то на 2 м. Изучением ледников занимается наука гляциология. На поверхности Земли везде, даже в Африке, существует т.н. снеговая линия, выше которой происходит накопление снега и льда (т.к. поступление твердых осадков превышает их расход). Сезонные колебания снеговой линии зависят от широты местности: в умеренном поясе – 1,5-3 км, на экваторе – до 6 км и более, в Альпах – 2,4 км, на Кавказе – 2,7-3,6 км.

Ледники образуются от смерзания и уплотнения больших масс снега под влиянием давления вышележащей массы. Накопление массы ледника в областях питания (на материковых плоскогорьях и в долинах) приводит к его растеканию из-за появления у льда пластических свойств под давлением. Существуют следующие типы ледников: *материковые* – Антарктида с толщиной льда 4,2 км, Гренландия – 2,4 км, Шпицберген; *горные* – альпийский и скандинавский. Скорость ледников изменяется десятками и сотнями метрами в год, но иногда может достигать 40 метров в сутки. Движение ледника быстрее в центральной его части и меньше – у боков и дна. Покровные материковые ледники сползают в океан, образуя айсберги. В горных долинах и ущельях образуются долинные, языковые ледники, которые выпахивают корытообразные долины – трог (Альпы, Кавказ).

Ледники осуществляют разрушительную, транспортирующую и аккумуляционную деятельность. Лед при толщине льда 100 м давит на основание (ложе) 92 т/м². Под давлением лед становится пластичным материалом и способен передвигаться вниз по склонам, захватывая обломки горных пород по дну и с боков. *Ледниковые (гляциальные) отложения* называются *мореной*. Выделяют виды морен: поверхностная, вну-

трения, донная и конечная в виде валов. Материал, составляющий морену, несортированный, включает обломки разного размера и зависит от материнских пород. Таяние ледников формирует флювиогляциальные отложения: 1) *озы* – гравийно-галечниковые валы $H=25-50$ м, длиной до нескольких километров, 2) *камы* – песчаные холмы $H=$ до100 м, 3) *зандры* – песчано-гравийные поля. В ледниковых озерах образовывались т.н. ленточные глины.

В четвертичном периоде (1,6 млн лет назад – настоящее время) происходили значительные изменения климата и чередовались *ледниковые* и *межледниковые эпохи*. Выделяют три древних оледенения: лихвинское, или окское, днепровское и валдайское. Ледник покрывал север и северо-запад европейской части России и значительную часть Сибири. Ледники двигались от Скандинавских гор в южном (а также юго-западном и юго-восточном) направлении.

Самым большим по площади оледенением было днепровское: в это время языки ледника доходили до Кременчуга и устья реки Медведицы. В период лихвинского оледенения южная граница ледника находилась между Москвой и Рязанью, а в период последнего (валдайского) оледенения ледник покрывал только северную часть России, включая Валдайскую возвышенность.

При движении ледник стирал неровности, оставлял глубокие борозды. Движущийся лед отрывал от поверхности твердых горных пород камни и измельчал их. Чем более твердые породы передвигал ледник, тем сильнее проявлялась его абляционная (разрушающая), абразионная (размельчающая и полирующая) деятельность. В связи с тем, что Скандинавские горы сложены твердыми гранитами, в пределах всего Скандинавского полуострова, на территории Финляндии и Карелии наблюдается очень сильное проявление ледниковой

абляции, полировки и стирания горных пород. Здесь встречаются так называемые «курчавые скалы», у которых углы и выступы сглажены и округлены, а также «бараньи лбы», ориентированные в сторону движения ледника голые каменные глыбы со шрамами, оставленными твердыми породами, находящимися в теле движущегося ледника.

На равнинах, сложенных рыхлыми породами, ледник выпахивал замкнутые депрессии различной глубины и размера, вытянутые по направлению движения ледника. Эти депрессии, или желоба, заполнялись водой и превращались в озера. В Карелии и Финляндии таких озер насчитывается несколько десятков тысяч.

В четвертичный период ледник создавал не только абляционно-эрозионные формы рельефа, но одновременно образовывал аккумулятивные его формы, связанные с накоплением разнообразных отложений. При движении ледник захватывал огромные массы обломков горных пород, весь этот материал передвигался вместе с ледником на юг и юго-восток. После таяния материал или оставался на месте в виде несортированных моренных отложений различной мощности, или переносился и сортировался потоками талых ледниковых вод. В период таяния ледника создавались аккумулятивные формы рельефа, среди которых наибольшее распространение получил моренный рельеф [42].

Во время таяния ледника одновременно создавались формы рельефа из сортированных материалов. Мощные потоки ледниковых вод переносили к югу мелкие камни, песок и частицы глины. При этом происходила сортировка этих материалов в соответствии с их размерами и скоростью течения ледниковых вод. Наиболее крупные фракции отлагались по берегам в дельтах рек, а также в пологих больших депрессиях. Сортированный песчаный материал отлагался быстро-

текущими водами ледника. Такие отложения называют *флювиогляциальными* песками. Они состоят в основном из частиц размером от 0,5 до 2 мм. Большие площади, покрытые водноледниковыми песками, носят название полесий, для которых характерен равнинный зандровый ландшафт. Зандровые поля, или зандры, – равнины, сформировавшиеся у окраин древних покровных ледников потоками талых вод. Они опоясывают с внешней стороны полосы холмисто-равнинного рельефа. Мощные потоки, вытекавшие из-под ледника, попадали на выровненные пространства, теряли скорость, и из них в первую очередь вблизи края конечной морены выпадал более грубый материал – галька, гравий, крупный песок, а далее – сортированный песок, образуя зандровые песчаные поля. Тонкие глинистые частицы переносились медленнотекущими потоками и откладывались на больших расстояниях от края ледника. На флювиогляциальных песках сформировались бедные песчаные почвы, покрытые соевыми лесами, вереском, лишайниками и другой растительностью, малотребовательной к элементам питания.

2.3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

2.3.1. Основы гидрогеологии

Подземные воды находятся в верхней части земной коры (литосферы). Наука о подземных водах называется гидрогеология, она изучает распространение, происхождение, физические и химические свойства, законы движения подземных вод [30].

Образование подземных вод. Осадки, выпавшие на сушу, делятся на три части: испарение, сток и просачивание (инфильтрация) в почву. Образование подземных вод возможно четырьмя способами:

- 1) инфильтрация осадков в литосферу (так образуется основная часть подземных вод, в том числе минеральные воды);
- 2) конденсация паров в порах грунта;
- 3) седиментация (вода образовалась одновременно с отложением морских осадков);
- 4) ювенильные воды (выделяемые магмой).

Классификация подземных вод по условиям залегания в геологическом разрезе: 1) почвенные воды, находящиеся в почвенном слое, 2) верховодка образуется над местным водопором весной или за счет техногенной утечки воды, 3) грунтовые воды на первом от поверхности водопоре, безнапорные, могут быть загрязнены, 4) межпластовые (ненапорные и напорные – *артезианские*) воды.

В зависимости от состояния в грунтах выделяют следующие виды воды:

1. Парообразная вода – водяной пар в порах грунта с относительной влажностью 100 %, его движение происходит в сторону падения температуры.

2. Прочносвязанная (адсорбированная, гигроскопическая) вода. Это слой до 10-15 молекул H_2O толщиной 0,1 микрона, покрывающий грунтовые (глинистые) частицы. Прочносвязанная вода не растворяет соли, неэлектропроводна, замерзает при отрицательных температурах около минус 100°C, имеет высокую вязкость. Содержание прочносвязанной воды зависит в основном от количества глинистых частиц: в песках – 1-2 %, в суглинках – 5-10 %, в глинах – 10-25 %, в высокодисперсных монтмориллонитовых глинах – до 30 %.

3. Рыхлосвязанная (пленочная) вода удерживается электрическими силами, имеет плотность=1,0 г/см³, температуру замерзания минус 1-3-5°C, слабо растворяет соли, может перетекать от толстых к тонким пленкам. Обладает большим расклинивающим действием, вызывает набухание глинистых

грунтов при увеличении толщины пленок. При удалении воды (сушке) происходит усадка глинистого грунта.

4. Свободная вода – капиллярная и гравитационная. Капиллярная вода удерживается в порах капиллярными силами, перемещается за счет разности капиллярных давлений, растворяет соли, замерзает при температуре ниже 0°C. Высота капиллярного поднятия в глинах достигает 3-4 м, в песках – несколько десятков сантиметров. Гравитационная вода перемещается под действием силы тяжести (разности напоров).

5. Вода в твердом состоянии (лед) образуется при отрицательных температурах, при этом замерзает сначала свободная вода, а затем последовательно все остальные виды воды.

6. Кристаллизационная вода участвует в построении кристаллической решетки минералов (гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Химически связанная вода входит в состав минералов (лимонит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, опал $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, гидроксид $\text{CaO} \cdot \text{H}_2\text{O}$). Кристаллизационная вода удаляется из грунта при прокаливании при высоких температурах (100-200 °C).

Химический состав. В подземных водах присутствуют растворенные соли и газы. Основные соли – хлориды и сульфаты натрия, калия, кальция, магния. В воде растворены газы – кислород, водород, углекислый газ. Именно от растворенных веществ зависят многие свойства воды: соленость, жесткость, кислотность (щелочность), агрессивность. Соленость определяется по содержанию растворенных солей (величине сухого остатка), различают воды: пресные <1 г/л, соленые 1-30 г/л, рассолы >30г/л. Кислотность (щелочность) воды устанавливается по величине pH, т.е. по содержанию ионов водорода. Жесткость воды вызывается присутствием сернокислых и хлористых солей кальция и магния, проявляется по накипи в котлах (и чайниках), жесткая вода плохо мылится. Различают временную, постоянную и общую жесткость. Временная

жесткость обусловлена присутствием бикарбонатов и устраняется кипячением, постоянная жесткость – присутствием карбонатов и хлоридов кальция и магния. Общая жесткость равна сумме временной и постоянной. За единицу жесткости принят 1 мг-экв/л кальция (20,04 мг/л), для магния 12,16 мг/л. Мягкая вода содержит в сумме ионов кальция и магния менее 4 мг-экв/л; вода средней жесткости – 4-8 мг-экв/л, жесткая вода – 8-12 мг-экв/л; очень жесткая – больше 12 мг-экв/л. Для питья пригодна вода с жесткостью в пределах от 2,5 до 11 мг-экв/л.

Агрессивность подземных вод выражается в разрушительном воздействии на цемент, растворение его, что опасно для фундаментов и различных подземных сооружений. Агрессивность зависит от кислотности подземных вод и скорости их движения. В песчаных грунтах агрессивность проявляется уже при $\text{pH} < 7$, в глинистых грунтах – при $\text{pH} < 5$. Выделяются следующие виды агрессивности:

1. Сульфатная – по содержанию SO_4^{2+} : для песков при $\text{SO}_4^{2+} > 1$ г/л, в суглинках – $> 1,5$ г/л. При таких концентрациях необходимо использовать специальные сульфатостойкие цементы.

2. Магнезиальная – при $\text{Mg}^{2+} > 2$ г/л (в песках) и > 5 г/л (в суглинках).

3. Карбонатная – обусловлена только растворенной углекислотой (CO_3^{2+}). Должна учитываться только в песках, в глинистых грунтах ею можно пренебречь.

Движение грунтовых вод. Потоки грунтовых вод могут быть плоскими, радиально расходящимися и сходящимися, криволинейными (рис. 10). Направление потока грунтовых вод можно определить по карте *гидроизогипс* – линий с равными абсолютными отметками зеркала грунтовых вод (аналогично горизонталям рельефа). Карта гидроизогипс позво-

ляет решить следующие вопросы: определить направление и уклон грунтовых вод, установить связь между грунтовыми и поверхностными водами, выбрать площадку для строительства и дренажа.

Борьба с грунтовыми водами, виды дренажей. При разработке котлованов и при подтоплении городских территорий применяют следующие виды дренажей:

1. Открытый водоотлив (сооружается непосредственно в котловане или траншее и представляет собой водоотводящие каналы, открытые лотки, по которым вода собирается в водосборные колодцы или коллекторы, а затем откачивается на поверхность).

2. Горизонтальный дренаж в виде горизонтальных открытых и закрытых канав (траншей) глубиной до 5-6 м. Используются дренажные прорези глубиной до 10-15 м и более, пройденные вдоль или поперек склона, заполненные дренажным материалом и вскрывающие водоносный слой. В дренажный материал помещают перфорированные трубы.

3. Подземные водосборные галереи чаще используют для осушения оползневых склонов.

4. Вертикальный дренаж включает:

а) водопонижительные скважины, вокруг которых при откачке воды образуются депрессионные воронки;

б) иглофильтры, из которых откачивают воду насосами или применяют электроосмос, располагают рядами по периметру котлована;

в) поглощающие скважины-колодцы, может происходить их засорение грязной фильтрующей водой.

Виды дренажей зависят от решаемых задач:

1. Горизонтальный систематический дренаж применяется при близком содержании грунтовых вод, состоит из дрен, дренажного коллектора и смотрового колодца.

2. Вертикальный систематический дренаж, в котором вместо дрен применяют вертикальные поглощающие скважины, спускающие воду вниз в поглощающий слой.

3. Головной дренаж – горизонтальная дрена, перехватывающая грунтовые воды выше по течению грунтовых вод.

4. Береговой дренаж у водохранилищ и рек, аналогичен головному дренажу, используется для перехвата грунтовых вод, идущих от реки или водохранилища.

5. Кольцевой дренаж для защиты отдельных зданий и небольших участков.

6. Пластовый дренаж для защиты отдельных зданий.

7. Вентиляционный дренаж в грунтах: под фундаментами зданий укладывают перфорированные трубы, через которые постоянно движется воздух.

2.3.2. Инженерно-геологическая характеристика эрозионных процессов

В настоящее время основная роль в преобразовании рельефа принадлежит эрозионным процессам – смыву и размыву верхнего слоя земной коры текучими дождевыми и снеговыми водами.

Поверхностные текущие воды являются наиболее мощным из всех экзогенных факторов, преобразующих поверхность суши. Текущие воды – это вся вода, стекающая по поверхности суши, от мелких временных водотоков до крупных рек. Они разрушают горные породы, переносят продукты разрушения в моря и океаны, где отложенный материал становится источником для формирования мощных толщ осадочных пород. На поверхность суши Земли за год выпадает более 100 тыс. км³ атмосферных осадков в виде дождя, снега и льда. Эти осадки разделяются на три части: 1) испарение, 2) инфильтрация в почву и горные породы, с образованием подземных вод,

3) образование временных потоков, стекающих по склонам, а затем формирующих русловые потоки – ручьи и реки. При стекании вниз по склону движущаяся вода производит разрушение горных пород, которое называется эрозией (от лат. – размываю, разрушаю). Эрозия относится к денудационным геологическим процессам.

Различают два вида эрозии: горизонтальную (плоскостной смыв) и вертикальную эрозию (линейный размыв). Плоский смыв происходит на начальном этапе движения поверхностной воды вниз по склону; врезание начинается, когда водный поток (постоянный или временный) сформирует свое русло. Плоскостная эрозия называется иногда почвенной эрозией, она сглаживает рельеф, уменьшает перепад высот.

В процессе линейной эрозии происходит образование оврагов, если овраг вскрыет грунтовые воды, возникает постоянный водоток – ручей.

Овраг проходит 4 стадии жизни:

- промоина (небольшая рытвина), ее поперечный профиль имеет V-образный вид;

- врезание оврага вершиной (овраг растет вверх по склону);

- выработка профиля равновесия;

- стадия затухания (образование балки).

В верхней части оврага происходит размыв дна (линейная эрозия), в средней части – перенос продуктов размыва, в нижней части – аккумуляция отложений в виде овражного аллювия.

Интенсивность эрозионных процессов зависит от многих причин. Наряду с климатическими факторами (скорость снеготаяния, повторяемость ливней) на размыв и смыв почв, на скорость роста и густоту оврагов оказывает влияние характер рельефа (абсолютная и относительная высота местности,

крутизна склонов), состав грунтов, почв и растительности, а также хозяйственная деятельность человека.

Наиболее подвержена водной эрозии почва в возвышенных районах, где сильно расчленен рельеф и выпадает больше осадков. Интенсивность смыва почв находится в прямой зависимости от степени расчлененности рельефа, крутизны склонов и количества выпадающих осадков.

Развитию эрозии и росту оврагов нередко способствует сам человек. Неправильно проведенная борозда вдоль склона или не засыпанная канава нередко служат началом будущего оврага, который может за год удлиняться от 10 до 80 м. Во время сильных ливней прирост оврага может составлять более чем 30 м. Крупные овраги имеют в длину более 10 км.

В значительно меньшей степени по сравнению с поверхностными текучими водами влияют на изменение поверхности подземные воды, с которыми связаны современные процессы, преобразующие рельеф. К ним относятся карстовые, суффозионные и оползневые явления.

2.3.3. Инженерно-геологическая характеристика суффозионных и карстовых явлений

Суффозия – вынос грунтовыми водами из горных пород мельчайших минеральных частиц (механическая суффозия), в результате чего происходит оседание залегающих выше пород и образование различных понижений на поверхности земли. Явление суффозии обычно наблюдается в долинах рек и на склонах со значительным уклоном потока грунтовых вод. Суффозионные понижения чаще всего имеют вытянутую форму и пологие задернованные склоны. Они обычно служат ложбинами для стока поверхностных вод, тем самым определяя направление эрозионного размыва, и по их днищам закладываются свежие овраги.

Если на склонах развиваются суффозионные ложбины, то на плоских равнинах, сложенных рыхлыми песчано-суглинистыми толщами, образуются блюдцеобразные западины диаметром от 5 до 3 м и глубиной около 1 м.

Основными условиями развития механической суффозии являются: неоднородность гранулометрического состава песчаных грунтов, при которой возможен вынос мелких частиц; критическая величина вымывающих скоростей фильтрационного потока; наличие условий для выноса мелких частиц на дневную поверхность в основаниях склонов, строительных котлованах, различных выемках. Следовательно, для развития механической суффозии необходимы значительная скорость движения подземных вод для отрыва и выноса тонких фракций грунта, а также наличие условий для разгрузки песчано-глинистого материала. Механическая суффозия чаще всего наблюдается в тонко- и мелкозернистых песках, реже – в пылевато-глинистых и других породах.

Суффозия резко изменяет водопроницаемость пород. За счёт образования промывных путей возможны большие потери воды из водохранилищ, повышение притока воды в строительные котлованы. Суффозионный вынос сопровождался ухудшением свойств грунтов: увеличением их сжимаемости, снижением прочностных параметров. Приводит к оседанию поверхности, образованию провалов, воронок, оползней.

Суффозионный вынос материала сопровождается ухудшением свойств грунтов – увеличением их сжимаемости, снижением прочностных параметров, что может привести к деформациям сооружений и развитию опасных геологических процессов (карста, оползней и др.).

Следовательно, при строительстве на подобных территориях необходимо предусмотреть определенные инженерные мероприятия по предотвращению возможных деформаций сооружений [38].

Под *карстом* следует понимать совокупность геологических процессов и явлений, вызванных растворением подземными и (или) поверхностными водами горных пород и проявляющихся в образовании в них пустот, нарушении структуры и изменении свойств. Карстовый процесс сопровождается размывом пород, суффозией, деформациями поверхности земли и оснований зданий и сооружений (провалы, оседания, воронки), изменением свойств грунтов покрывающей толщи, формированием особого характера циркуляции и режима подземных и поверхностных вод и специфического рельефа местности.

На скорость развития карстового процесса влияют: интенсивность водообмена, особенности рельефа и положение карстующихся пород относительно базиса эрозии. После достижения уровня местного базиса эрозии развитие карста приостанавливается (рис. 6). Толща горных пород, расположенная выше уровня грунтовых вод, где развита активная циркуляция воды и происходит активное развитие карстовых пустот и полостей, называется *зоной карстообразования*. Ниже уровня грунтовых вод расположена *зона цементации*, для которой характерно заполнение трещин природным цементом и затухание карстового процесса.

Естественный процесс карстообразования идет достаточно медленно, имеет низкие скорости выноса кальция. Однако при антропогенных нагрузках нарушается равновесие в системе вода – карбонаты кальция и интенсивность выноса кальция усиливается на один или несколько порядков.

К районам развития карста следует относить территории, в пределах которых распространены водорастворимые горные породы (известняки, доломиты, мел, гипсы, ангидриты, каменная соль и т.п.) и имеют место или возможны поверхностные и (или) подземные проявления карста. По условиям залегания горных пород и характеру рельефа местности

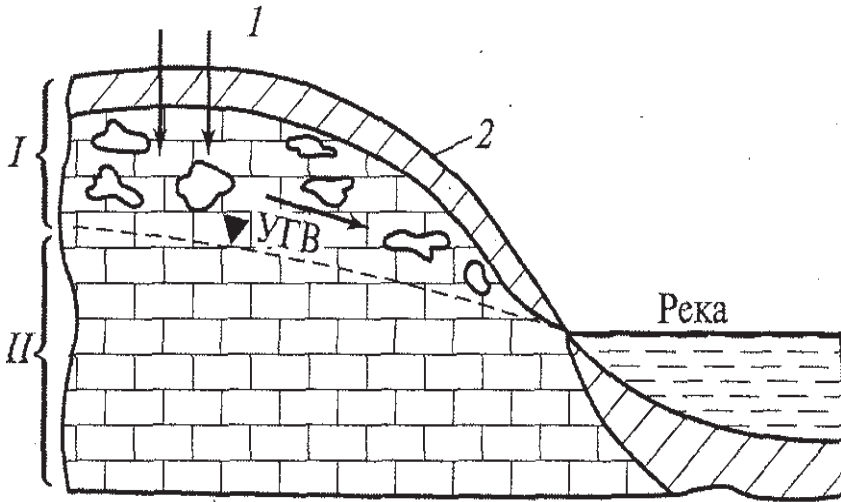


Рис. 6. Развитие карста:

I – зона карстообразования, II – зона цементации, 1 – водораздел,
2 – склон, УГВ – уровень грунтовых вод

развит подтип равнинного карста в горизонтально залегающих породах.

Классификация карста

По составу карстующихся отложений выделяются следующие *классы карста*: карбонатный (закарстованы известняки и доломиты карбона и верхней перми), карбонатно-сульфатный (известняки, доломиты, гипсы и ангидриты пермского возраста), сульфатный (гипсы и ангидриты пермского возраста), меловой (мела маастрихтского возраста), кластокарст (песчаники палеогена).

По степени перекрытости карстующихся пород выделены *подклассы*: голого, задернованного, покрытого, закрытого, перекрытого, покрытого вторичного, бронированного, погребенного.

Голый карст распространен там, где растворимые горные породы (в основном известняки) не перекрыты иными геологическими образованиями и обнажаются на поверхности лишенные почвенного покрова. Карстовые формы представлены небольшими трещинами и кавернами.

Задернованный присутствует там, где горные породы покрыты слоем почвенно-растительного покрова. Встречается наряду с голым на крутых водораздельных склонах и иногда на пологих склонах в пределах карстовых полей.

Покрытый карст развит на участках, где горные породы покрыты рыхлыми современными образованиями (элювием, делювием, элювио-делювием). Покрывающие отложения представлены доломитовой мукой с обломками карбонатных пород и суглинками со щебнем известняков или гипсов.

Закрытый развивается там, где растворимые горные породы перекрыты элювиально-делювиальными отложениями и одновозрастными некарстующимися породами. Если общая мощность перекрывающих отложений превышает 25 м, то карст с поверхности не проявляется.

Перекрытый отличается тем, что карстующиеся породы покрыты пойменными или террасовыми алювиальными четвертичными образованиями. Диагностировать этот подкласс сложно, так как в рельефе он выражается формами, аналогичными суффозионным образованиям пойм.

Покрытый вторичный развивается после того, как закарстованные карбонатные и сульфатные породы были перекрыты более молодыми, рыхлыми осадками кайнозойского возраста. Наибольшее распространение этот подкласс получил после акчагыльской трансгрессии, когда на большой площади произошло отложение морских глин. В дальнейшем в результате денудации древние карстовые формы были препарированы эрозионными процессами и развиваются в настоящее время.

Бронированный карст характеризуется перекрытостью растворимых горных пород некарстующимися отложениями (в основном песчаниками и глинами юрского, мелового и пермского возраста). Этот подкласс наиболее характерен для некоторых районов Самарской Луки и северо-восточных частей Высокого Заволжья.

Погребенный выделяется там, где карстовые полости, образованные в минувшее геологическое время сейчас погребены и заполнены более молодыми отложениями. На территории Самарской области нефтяные поисковые скважины часто вскрывают карстовые полости, находящиеся много ниже местного базиса эрозии и уровня грунтовых вод. Образовались они в течение всей геологической истории, когда морские карбонатные породы выводились на дневную поверхность. В настоящее время карстовые процессы в них не развиваются.

Морфология поверхностных карстовых форм

Проявления, возникающие в результате карстового процесса, выражаются в поверхностных и подземных формах. К первым относятся воронки, котловины, провалы, овраги и лога, карстовые поля. Ко вторым – каверны, полости, горизонтальные и вертикальные пещеры.

Согласно СП 11-105-97 ***карстовым провалом*** считается обусловленное развитием карстового процесса катастрофически быстрое обрушение земной поверхности (или основания фундамента) с образованием в ней ямы (воронки). Следует различать типы карстовых провалов: карстово-обвальные, карстово-суффозионные и смешанные (карстово-суффозионно-обвальные).

Карстово-обвальные провалы возникают при наличии на малой глубине достаточно крупной полости с ослабленной, готовой к обрушению кровлей.

Карстово-суффозионные провалы происходят в результате перемещения фильтрующейся водой песчано-глинистого материала из покрывающих пород в карстовые полости и (или) расширенные трещины.

К *локальным оседаниям* следует относить постепенные опускания земной поверхности и слагающих ее грунтов, имеющие поперечник (диаметр) не более нескольких десятков метров.

Провалы и локальные оседания возникают поодиночке или группами. Они подразделяются на первичные, происходящие на новом месте, и повторные. В результате первичных образуются новые карстовые воронки, а повторные провалы и локальные оседания вызывают последующее углубление и расширение этих воронок. К общим оседаниям следует относить постепенные опускания обширных участков земной поверхности.

Среди поверхностных карстовых форм следует различать: воронки – замкнутые впадины, образующиеся и растущие в результате провалов и локальных оседаний грунта; карры – формы поверхностного растворения горных пород; поноры – трещины, поглощающие воду; сложные карстово-эрозионные впадины (овраги, котловины и др., формирующиеся за счет взаимодействия провалообразования и эрозии); мульды оседания – понижения, вызванные общим оседанием земной поверхности.

Воронки являются самыми распространенными формами карстового рельефа. Размеры их различные: от 5 до 100 м в плане и глубиной до 15 м. По диаметру, глубине и плановому рисунку чаще всего встречаются блюдцеобразные и чашеобразные округлые формы. Иногда на склонах встречаются высыпки щебня карбонатных пород или скальные выходы гипсов и известняков. Ряд воронок сульфатного и карбонатно-сульфатного карста имеют на дне водоотводящие поноры

размерами от 0,1 м и более. Поноры, имеющие отверстие, достаточное для прохождения человека, ведут в горизонтальные пещеры понорного типа.

Водоемы, заполняющие некоторые воронки, называются *карстовыми озерами*. По режиму движения вод выделяются постоянные и исчезающие озера.

Замкнутые понижения, образованные при вторичном покрытом или бронированном карсте, диаметром более 100 м и глубиной 5-10 м называются *карстовыми котловинами*.

Распространены также провалы цилиндрической или конической формы. Эти формы подразделяются на карстовые, суффозионно-карстовые, суффозионные, техногенно-карстовые и суффозионно-техногенные.

Карстовые провалы типичны для задернованного и покрытого подкласса, где перекрывающие отложения имеют мощность не более 1-3 м. Они имеют незначительный диаметр (порядка 10 м) и глубину от 2 до 6-8 м. По расположению в рельефе провалообразование происходит чаще всего в пределах карстовых полей в непосредственной близости от карстовых форм или накладывается на них. Иногда карстовые провалы могут вскрывать фрагменты горизонтальных или наклонных подземных полостей.

Суффозионно-карстовые провалы характерны для покрытого сульфатного и карбонатно-сульфатного карста при мощности перекрывающих отложений до 20 м. Они наиболее опасные, так как могут достигать значительных размеров – 25-30 м.

Суффозионные (псевдокарстовые) провалы известны на участках выхода песчаников. Размеры провальных воронок до 10-15 м, глубина – до 5 м. Образование их связано с вымыванием рыхлых песков и последующим обрушением перекрывающих песчаников.

Провалы техногенно-карстового характера происходят в местах использования людьми геологического пространства. Связаны они в основном с аварийными утечками из коммуникаций, подъемом уровня грунтовых вод в результате сооружения водохранилищ. Замедленный, равнинный карст в этих районах активизируется на несколько порядков.

Техногенно-суффозионные провалы наиболее распространены, и хотя они не связаны с карстовыми явлениями, механизм их образования идентичен. Большое количество провалов образуется во время аварий водосодержащих коммуникаций.

Карстовые овраги и *лога* можно подразделить на два типа. К первому относятся малые овраги и отвершки воронок длиной 10-100 м V-образного сечения, активно подвергающиеся эрозионным процессам. Развитие их происходит за счет поверхностных, талых вод. Второй тип – суходолы средней длины (100-1000 м), представляющие *лога*, чаще всего корытообразного сечения, развитие которых осуществляется за счет безручьевых и ручьев, питающихся родниками зоны верховодки. Днища и склоны логов осложнены разнообразными воронками, зачастую понорными.

Участки группового развития карстовых форм называются карстовыми полями. Анализируя все известные нам поля, можно сделать вывод, что они расположены большей частью на водораздельных склонах и имеют удлиненную, или изометричную форму. Морфометрические показатели полей зависят от типов карста.

К *подземным карстовым формам* относятся: расширенные растворением (раскарстованные) трещины; поры растворения (до 2 мм); каверны (от 2 до 20 мм); разнообразные полости (в том числе пещеры); разрушенные и разуплотненные зоны; поверхности растворения слоев карстующихся пород; нарушения залегания горных пород в результате их сдвиге-

ния и обрушения над карстовыми полостями, разрушенными и разуплотненными зонами; воронки и другие карстовые формы погребенного палеорельефа земной поверхности.

Согласно СП 11-105-97 следует подразделять карст:

- по составу закарстованных пород на три типа:

1) карбонатный (труднорастворимые породы – известняк, доломит, мел, мрамор);

2) сульфатный (среднерастворимые породы – гипс, ангидрит);

3) хлоридный или соляной (легкорастворимые породы – галит, сильвин, карналлит);

- по времени образования – на древний карст, завершивший свое развитие (и, как правило, погребенный под более молодыми отложениями) и современный карст, проявляющий себя в образовании новых карстовых форм;

- по отношению к подземным водам (карстующиеся породы залегают в зоне аэрации, в зоне водонасыщения, а также в переходной зоне колебания уровня карстовых вод).

Оживление древнего карста вызывается двумя причинами:

1) интенсивными современными тектоническими движениями (поднятием) или изменениями гидрогеологических и гидротермических условий территории при техногенных воздействиях, что приводит к возобновлению растворения горных пород;

2) изменением напряженного состояния и физико-механических свойств горных пород, покрывающих завершившие свое развитие подземные карстовые формы, их гидродинамическим разрушением и выносом мелкого материала (суффозией), а также динамическими воздействиями, что приводит к образованию поверхностных карстовых форм.

В районах покрытого карста при выполнении изысканий необходимо установить: геологическое строение, литологиче-

ский состав, состояние, свойства пород, гидрогеологические условия и наличие проявлений карста. К проявлениям карста относятся разнообразные полости, размытые фильтрующей водой; трещины, колодцы размыва, оседания и обрушения пород; разрушенные и разуплотненные зоны; нарушения залегания горных пород в результате их сдвижения и обрушения.

В районах с покрывающей толщей, сложенной нерастворимыми, преимущественно глинистыми водонепроницаемыми породами, необходимо изучить и оценить степень их водопроницаемости и защитную способность в отношении проявления карста на земной поверхности.

Наиболее опасными являются площади, покрытые водопроницаемыми отложениями, представленными гравелистыми грунтами, песками, супесями. Наиболее интенсивно развивается карст в приречных зонах (на террасах, склонах долин, в краевых частях водоразделов), где покрывающие отложения частично или полностью размыты. Развитию карста способствуют также высокие градиенты подземного потока и выходы подземных вод в руслах рек и береговых откосах.

В несвязных, преимущественно водопроницаемых покрывающих породах (гравелистых грунтах, песках, супесях и др.) возможно развитие карстово-суффозионных процессов с вымыванием в карстовые полости рыхлого материала, перекрывающегося карстующиеся породы и образованием на поверхности воронок значительных размеров, что может повлечь за собой деформации и разрушение зданий и сооружений. Образование карстово-суффозионных воронок может происходить катастрофически быстро и завершаться в течение нескольких часов или дней. Карстово-суффозионные процессы часто возникают на застроенных территориях в результате изменения гидродинамической обстановки в связи с длительными откачками подземных вод.

Древний или погребенный карст может быть приурочен к разным стратиграфическим комплексам и встречаться на разной глубине от поверхности [26]. Древние карстовые полости в большинстве случаев заполнены продуктами выветривания или материалом, смытым в них с поверхности. Реже встречаются открытые карстовые полости.

При изучении карстовых процессов необходимо учитывать, что активность всех типов карста в большой степени зависит от хозяйственной деятельности. Вырубка лесов, распашка земель, выпас скота, а также проходка горных выработок, котлованов, траншей под газо- и нефтепроводы, нарушают цельность растительного покрова. Происходит изменение химического состава и температуры подземных вод за счет сброса неочищенных и полуочищенных промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков. Разработка полезных ископаемых влияет на изменение динамики и химического состава подземных вод, появление избыточных напоров и градиентов вертикальной фильтрации при подтоплении, создании водозаборов, закачке в недра промышленных стоков и пр.

Основные задачи инженерно-геологических изысканий в карстовых районах

Основные задачи инженерно-геологических изысканий в карстовых районах:

- 1) установление степени опасности воздействия карста на сооружения, экологическую и социально-экономическую обстановку (включая психологические, эстетические и другие аспекты);
- 2) составление прогноза развития карста на период строительства и эксплуатации проектируемых объектов;
- 3) определение возможности активизации карста в процессе эксплуатации проектируемых объектов под влиянием техногенных воздействий;

4) выработка общей стратегии и конкретных рекомендаций для проектной подготовки мероприятий по противокарстовой защите (ПКЗ).

При камеральной обработке материалов исследований следует осуществлять инженерно-геологическое районирование территории по условиям, степени и характеру развития. При районировании должны использоваться установленные по результатам изысканий категории устойчивости территорий относительно карстовых провалов по интенсивности провалообразования в соответствии с таблицей 10 и по средним диаметрам карстовых провалов в соответствии с таблицей 11.

Под **интенсивностью провалообразования** понимают среднегодовое количество провалов на 1 км² территории (случай/км² в год). К шестой категории устойчивости относятся территории, на которых возникновение карстовых провалов земной поверхности невозможно (из-за отсутствия растворимых горных пород или благодаря наличию надежной защитной покрывающей толщи нерастворимых водонепроницаемых или скальных пород).

Таблица 10

Категории устойчивости территории относительно интенсивности образования карстовых провалов

Категории устойчивости территории	Интенсивность провалообразования
I	Свыше 1,0
II	св. 0,1 до 1,0
III	св. 0,05 до 0,1
IV	св. 0,01 до 0,05
V	до 0,01
VI	Провалообразование исключается

**Категории устойчивости территории относительно
средних диаметров карстовых провалов**

Категории устойчивости территории	Средние диаметры карстовых провалов, м
А	Свыше 20
Б	св. 10 до 20
В	св. 3 до 10
Г	до 3

Показатели интенсивности провалообразования определяются:

1) по данным стационарных наблюдений (по результатам систематической регистрации случаев образования провалов и локальных оседаний на определенной площади);

2) по данным наземного обследования местности, сопровождающегося сбором сведений о ранее образовавшихся провалах и локальных оседаниях, дешифрированием аэрофотоснимков разных лет и применением различных методов определения возраста существующих карстовых воронок;

3) по аналогии с другими карстовыми участками, находящимися в сходных геологических и гидрогеологических условиях и характеризующимися той же степенью закарстованности.

При расчетах интенсивности провалообразования случаи локальных оседаний приравниваются к случаям карстовых провалов.

На картах районирования и в категории устойчивости территории обозначаются двойным индексом, состоящим из цифры и буквы (например, V-B).

Оценку устойчивости территории рекомендуется осуществлять с применением «метода удаленности от ближайшего соседнего поверхностного проявления карста».

К очень неустойчивым согласно СНиП 22-02-2003 относят территории I категории устойчивости, к неустойчивым – II категории, к недостаточно устойчивым – III категории, к несколько пониженной устойчивости – IV категории, к относительно устойчивым – V категории.

При отсутствии карстовых провалов за последние 50 лет территория может рассматриваться как карстово-неопасная, т. е. устойчивая – VI категория, и проекты ее застройки следует выполнять как для некарстовых районов.

На территории, отнесенной к очень неустойчивой (I категория), строительство зданий и сооружений не рекомендуется. Строительство на территориях II-V категорий устойчивости допускается только с применением противокарстовых мероприятий.

Здания, построенные на карстовых породах, без учета гидрологических данных, «трещат», а могут и провалиться.

Перед началом проектирования сооружений необходимо произвести инженерно-геологические изыскания на территории строительства.

Противокарстовые мероприятия

Противокарстовые мероприятия следует предусматривать при проектировании зданий и сооружений на территориях, в геологическом строении которых присутствуют растворимые горные породы, имеются карстовые проявления на поверхности и (или) в глубине грунтового массива. При отсутствии карстовых проявлений на поверхности и в толще грунтов, отделенных от зоны карста слоем прочных горных пород и надежным водоупором, препятствующих влиянию возможных обрушений пород в подземных полостях на покровную толщу и выносу из нее грунтов, территория может рассматриваться как карстово-неопасная для зданий и сооружений.

В этом случае проекты ее застройки следует выполнять как для некарстовых районов.

Надежным водоупором считается непрерывный слой горных пород с коэффициентом фильтрации не более 0,001 м/сут и толщиной не менее 1/5 действующего на него напора, но не менее 5 м.

Противокарстовые мероприятия должны:

1) предотвращать активизацию, а при необходимости и снижать активность карстовых и карстово-суффозионных процессов;

2) исключать или уменьшать в необходимой степени карстовые и карстово-суффозионные деформации грунтовых толщ или, наоборот, способствовать стабилизации условий строительства ускорением карстовых деформаций;

3) предотвращать повышенную фильтрацию и прорывы воды из карстовых полостей в подземные помещения и горные выработки;

4) обеспечивать возможность нормальной эксплуатации территорий, зданий, сооружений, подземных помещений и горных выработок при допущенных карстовых проявлениях.

В качестве **основных противокарстовых мероприятий** при проектировании зданий и сооружений следует предусматривать:

1) устройство оснований зданий и сооружений ниже зоны опасных карстовых проявлений;

2) заполнение карстовых полостей;

3) искусственное ускорение формирования карстовых проявлений;

4) создание искусственного водоупора и противофильтрационных завес;

5) закрепление и уплотнение грунтов;

6) водопонижение и регулирование режима подземных вод;

- 7) организацию поверхностного стока;
- 8) применение конструкций зданий и сооружений и их фундаментов, рассчитанных на сохранение целостности и устойчивости при возможных деформациях основания.

При современном строительстве наиболее распространен метод химического закрепления грунтов под фундаментами зданий и сооружений для защиты их от всевозможных осадок с помощью высокопроизводительного оборудования и современных инъекционных растворов. С успехом применяются буронабивные сваи при строительстве в непосредственной близости от жилых и производственных зданий. Использование установок вращательного бурения позволяет погружать сваи диаметром до 1500 мм на глубину до 25 м.

В условиях плотной городской застройки появилась возможность использования шпунтового крепления котлованов, а также устройства стены в грунте методом буроинъекционных или буронабивных свай. Таким образом, строить без риска можно и на карстовых породах, правильно выбрав технологию усиления фундамента [38].

2.3.4. Инженерно-геологическая характеристика оползневых процессов

С деятельностью подземных вод и отчасти вод, протекающих по поверхности и просачивающихся вглубь пластов, связаны оползни. Они возникают на крутых склонах речных долин и балок при наличии особых гидрогеологических условий, когда водоносный и водоупорный (обычно глинистый) пласты наклонены в сторону долины. В этом случае после снеготаяния или ливней верхние песчано-глинистые толщи, насыщенные водой, начинают скользить по водоупорному глинистому слою в сторону реки или балки. В результате образуются циркообразные углубления. Оползни, развитые

вдоль крутых обрывов или в других местах по склонам оврагов, прорезают глинисто-песчаные отложения. Особенно берега водохранилищ подвержены проявлению оползневых процессов. Они связаны с искусственным подтоплением крупных территорий в зоне водохранилищ. Плотинами поднят уровень воды в водохранилищах на десятки метров. Это означает, что грунты, прилегающие к водохранилищу, которые ранее находились в состоянии естественной влажности, оказываются в дальнейшем водонасыщенными. Песчаные горизонты при этом превращаются в водоносные, глины подвергаются набуханию, лессовидные суглинки испытывают просадку, а сульфатные породы обычно подвергаются химическому растворению. К этому надо добавить существенное изменение гидрогеологической обстановки на площадках, которые связаны с «мокрым» или кислотным производством в результате инфильтрации промышленных вод. При этом резко возрастает их минерализация и коррозионная активность к металлу, а следовательно, и агрессивность к грунтам и бетону.

Признаки оползневых процессов: бугристая поверхность, трещины отрыва в верхней части, валы выдавливания в нижней части, террасовидные уступы, заболоченность склонов, «пьяный» лес.

В оползне выделяют следующие элементы: 1) оползневое тело; 2) поверхность скольжения, которая может быть цилиндрической, волнистой, плоской; 3) бровка срыва – там, где произошел отрыв оползневого тела от коренного массива пород; 4) террасовидные уступы или оползневые террасы; 5) вал выпучивания, разбитый трещинами; 6) подошва оползня – место выхода на поверхность плоскости скольжения, оно может быть выше, ниже или на уровне поверхности склона.

Тело оползня представляет собой сползающую по склону массу породы, ограниченную снизу поверхностью сколь-

жения. Поверхность тела оползня, как правило, неровная, с понижениями и одним или несколькими террасовидными уступами. В месте отрыва оползня образуется отрицательная форма рельефа, которую называют цирком оползня, или бровкой срыва. В нижней части тела оползня наблюдается возвышение, называемое валом выпора или выпучивания.

По форме, объему, типу, скорости движения и другим признакам оползни очень разнообразны. Объем оползней может достигать сотен тысяч м³, скорость движения – от миллиметров в неделю до десятков километров в час. Кроме действующих оползней, выделяют замершие, движение которых в течение длительного времени геодезическими методами не фиксируется.

Факторы (причины и условия) образования оползней: 1) высота, крутизна и форма склона, 2) геологическое строение, свойства грунтов, 3) гидрогеологические условия (гидродинамическое давление). Оползни развиты вдоль крутых обрывов правого берега Волги и в других местах по склонам оврагов, прорезающих глинисто-песчаные отложения. Особенно подвержены обрушению берега Куйбышевского водохранилища. Ниже приведены основные типы образующихся там оползней.

Образующиеся оползни подразделяются на три основных типа.

Фронтальный тип характеризуется вытянутой по простиранию формой. Они образуются в относительно однородных по составу, жестких породах кровли, подстилаемых водупорными пластичными глинами. В оползания вовлекаются очень крупные блоки, которые двигаются по цилиндрически закруглённой поверхности. Вследствие этого блоки не разрушаются, а запрокидываются, образуя крупные продольные валы – гривы.

Потокообразный тип формируется в том случае, если выходы грунтовых вод приурочены к подошве надоползнего откоса. Поэтому формируется более пологий профиль ложа оползня и большая линейная протяжённость.

Смешанный тип характеризуется тем, что происходит формирование оползня другого типа на уже существующем оползне. Например, на оползне фронтального типа может образоваться свежий циркуобразный оползень.

В городах происходит провоцирование оползневых процессов под воздействием следующих факторов: подрезки склонов, дополнительной нагрузки неустойчивые массы пород, их обводнения, динамических нагрузок.

Устойчивость оползневого склона определяется соотношением сил, стремящихся столкнуть массу пород вниз по склону, и сил, которые сопротивляются этому процессу.

Классификация оползней:

1) *собственно оползни* – смещение земляных масс по поверхности скольжения глубиной на многие метры;

2) *спливы* – небольшие смещения переувлажненного грунта толщиной до 1 м;

3) *оползни-обвалы* – смещение по типу скольжения и обвала, типичны для крутых склонов.

2.3.5. Инженерно-геологическая оценка просадочных явлений

Лессовые грунты представлены в основном суглинками, супесями, реже – песками пылеватыми. Мощность их изменяется от нескольких до 10-13 метров. Особенность лёссовых пород – высокая пористость и слабая водостойкость агрегатов и значительное содержание карбонатов и сульфатов. Помещенные в воду лёссовые грунты быстро увлажняются и размокают, распаваясь на мелкие агрегаты и пылеватые частицы. Изменение

влажности лессовых грунтов серьезно сказывается на основных строительных свойствах – сжимаемости, просадочности и сопротивлении сдвигу. Лессовые грунты обладают просадочными свойствами.

Просадочность – явление, связанное с воздействием воды на структуру грунта с последующим ее разрушением и уплотнением под весом самого грунта или же при суммарном давлении собственного веса и веса сооружения. Просадка обычно сопровождается уплотнением грунта по вертикали и частичными боковыми смещениями, что приводит к просадке дневной поверхности и деформации возведенных сооружений. Просадочность грунта зависит от его состава, структуры и напряженного состояния, поэтому для каждого слоя лёссового грунта определяют относительную просадочность при давлениях, которые он будет испытывать в основании сооружения. Просадочность грунта оценивают величиной относительной просадочности e_{sl} , которую можно определить по данным компрессионных испытаний с подачей (при различных давлениях) воды в одометр.

Условно грунт считают просадочным при $e_{sl} > 0,01$. Величина e_{sl} в значительной степени зависит от действующего давления. При малом давлении обычно $e_{sl} < 0,01$, т. е. грунт можно считать практически непросадочным. В зависимости от величины просадки в условиях действия собственного веса грунта при замачивании лессовые грунты подразделяют на два типа:

I тип – просадка от собственного веса грунта отсутствует или не превышает 5 см;

II тип – просадка от собственного веса превышает 5 см.

Просадочные свойства I типа грунтов с глубиной снижаются и постепенно грунты переходят в непросадочные. В грунтах II типа просадочность сохраняется почти на всю лессовую толщу более или менее в одинаковых пределах. Просадочный процесс возникает лишь при некотором минимальном для данного

грунта давлению. Это давление называли «начальным просадочным давлением» (P_{sl}).

Большое значение имеет структурная прочность лессовых грунтов. При слабых и легко водорастворимых структурных связях при водонасыщении грунта просадка возникает быстро, через несколько часов. Для нарушения этой структуры бывает достаточно собственного веса грунта (II тип просадки). Структуры грунтов I типа обычно более прочные. Кроме длительно, в течение ряда дней, воздействия водой, для их разрушения необходимо более высокое давление (собственный вес грунта и вес сооружения). Просадочность возрастает при воздействии динамических нагрузок и при сейсмических явлениях.

В процессе просадки возникают следующие деформации сооружений: появление трещин в стенах и конструкциях, наклон сооружений, опрокидывание стен и обрушение конструкций, опрокидывание сооружений с их полным разрушением (рис. 7).

На территории г. Самары просадочные грунты наиболее распространены в Советском, Промышленном, Ленинском и др. районах.

При строительстве на лессовых просадочных грунтах согласно СНиП 2.02.01–83* «Основания зданий и сооружений» при возможности замачивания грунтов основания следует предусматривать одно из следующих мероприятий:

1) устранение просадочных свойств грунтов в пределах всей просадочной толщи;

2) прорезку просадочной толщи глубокими фундаментами, в том числе свайными и массивами из закрепленного грунта;

3) комплекс мероприятий, включающий в себя частичное устранение просадочных свойств грунтов, а также водозащитные и конструктивные мероприятия.

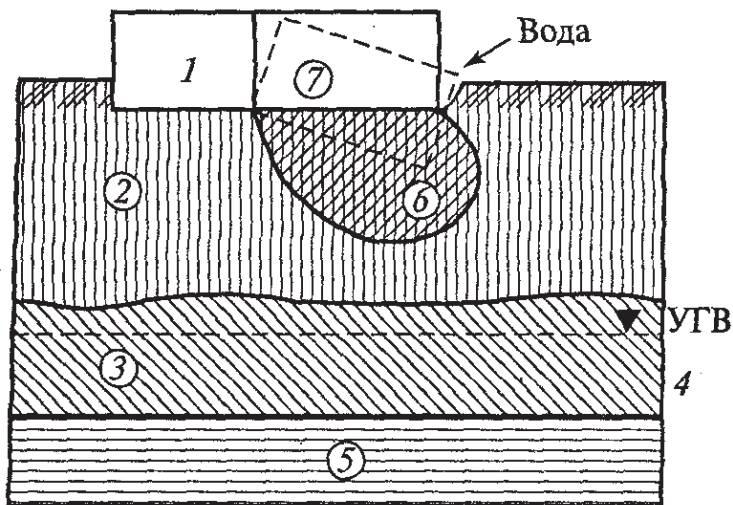


Рис. 7. Строение просадочной лессовой толщи:
 1 – здание; 2 – породы просадочные; 3 – непросадочные; 4 – грунтовая вода; 5 – глина (водоупор); 6 – участок, где проявилась просадка; 7 – деформируемая часть здания, УГВ – уровень грунтовых вод

К водозащитным мероприятиям относят планировку строительных площадок для отвода поверхностных вод, предотвращение утечек из водонесущих коммуникаций, устройство отмосток вокруг зданий и т. д.

Конструктивные меры должны быть направлены на снижение чувствительности сооружения к возможным просадочным деформациям (устройство железобетонных или армокаменных поясов, применение гибких конструкций, разрезка сооружения на отдельные отсеки и т. п.).

Просадочные свойства грунтов устраняют с помощью уплотнения, закрепления и армирования.

Выбор мероприятий при строительстве на лессовых просадочных грунтах должен производиться с учетом:

- типа грунтовых условий по просадочности;
- мощности просадочной толщи и расчетной величины просадки;
- конструктивных особенностей проектируемых зданий и сооружений;
- вида возможного замачивания.

2.4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассмотрим геологические процессы, характерные для территории Самарской области и городского округа Самара.

Эндогенные процессы представлены медленными вертикальными колебательными движениями с вертикальной составляющей и землетрясениями. Исследованиями института геологии Саратовского госуниверситета была установлена Поволжская зона повышенной сейсмической активности. Указанная зона простирается с юго-запада на северо-восток. Ее протяженность составляет 800-1000 км, ширина – 100-150 км. Эта зона проходит и через Самарскую область [45, 46]. Землетрясения происходят периодически, их интенсивность различна, но, как правило, невелика. Например, в 1983 году в районе города Нефтегорска было зафиксировано 5-балльное землетрясение, в 2000-2003 гг. в городе Самаре и на юге области были отмечены толчки интенсивностью 2-3 балла. Считается, что это отголоски землетрясений, эпицентры которых находятся на расстоянии 2-3 тыс. км от территории Самарской области.

Экзогенные процессы протекают повсеместно, часто носят скрытый характер, но оказывают заметное влияние на инженерные сооружения, рельеф, условия строительства в городе.

В некоторых случаях экзогенные процессы значительно осложняют вопрос использования земель в городе (подтопление территорий, паводковые разливы рек, оползни и др.). К экзогенным геологическим процессам, протекающим везде на поверхности суши, в том числе на территории Самарской области, относятся: выветривание (физическое, химическое и биологическое), геологическая деятельность ветра, поверхностных и атмосферных вод, рек, озер, водохранилищ и подземных вод.

В Самаре, как и в других крупных городах, процессы выветривания протекают очень активно и имеют специфический характер. В городах усиливается химическое выветривание из-за воздействия загрязненного воздуха и атмосферных осадков. Выпадающие в городе осадки представляют собой растворы кислот, солей, органических веществ с примесью мелких твердых частиц и обладают повышенной агрессивностью. Воздействие серного и сернистого газа, образующихся при сжигании топлива, на карбонатные породы (известняки, мрамор) приводит к химическим реакциям с образованием легкорастворимого гипса. Адсорбция газообразных соединений серы, превращающихся затем в серную кислоту, ведет к химическому разрушению этого слоя. Серноокислые газы увеличивают электропроводность водных растворов, окружающих железо, сталь и другие металлы и усиливают их электрохимическую коррозию.

Геологическая деятельность ветра. Эоловые отложения, к которым относятся лессовые породы, широко распространены на территории Самарской области. Повсеместно лессовые отложения залегают в виде покровных толщ переменной мощности от первых метров до 10-12 м. Лессовые толщи всего мира образовались в периоды похолоданий по периферии ледниковых массивов из пыли, принесенной сильными ветрами.

ми из различных областей питания. Для Самарской области основную пыль принесли восточные ветры из Прикаспийской низменности [28].

В Самарской области дефляционные процессы широко распространены в Ставропольском, Борском, Богатовском, Безенчукском районах и др. Общая площадь территории области, на которой распространены дефляционные процессы, составляет около 672 км² (что составляет около 1,2 % территории области) [8].

Геологическая деятельность поверхностных текучих вод. В настоящее время эрозионным процессам принадлежит основная роль в преобразовании рельефа Самарской области – как смыву, так и размыву верхнего слоя земной коры текучими дождевыми и снеговыми водами. Интенсивность эрозионных процессов зависит от многих причин. Наряду с климатическими факторами (скорость снеготаяния, повторяемость ливней) на размыв и смыв почв, на скорость роста и густоту оврагов оказывает влияние характер рельефа (абсолютная и относительная высота местности, крутизна склонов), состав грунтов, почв и растительности, а также хозяйственная деятельность человека.

В Самарской области наиболее подвержены водной эрозии территории в возвышенных районах Предволжья и Высокого Заволжья, расположенных в лесостепной зоне, где сильно расчленен рельеф и выпадает больше осадков. Порядка 30 % всех сельскохозяйственных угодий области подвержены этому процессу, что наносит значительный урон сельхозпроизводителям.

Интенсивность смыва почв находится в прямой зависимости от степени расчлененности рельефа, крутизны склонов и количества выпадающих осадков. В наибольшей степени подвержено процессам смыва Правобережье области

(75-80 % площади), несколько меньше – лесостепное Левобережье (50-67 %) и ещё меньше – степное Левобережье (около 50 % площади). Развитию эрозии и росту оврагов нередко способствует сам человек. Неправильно проведенная вдоль склона борозда или незасыпанная канава нередко служат началом будущего оврага, который может за год удлиняться от 10 до 80 м. Во время сильных ливней прирост оврага может составлять более чем 30 м. Крупные овраги имеют протяженность более 10 км. В значительно меньшей степени по сравнению с поверхностными текучими водами влияют на изменение поверхности Самарской области подземные воды, с которыми связаны современные процессы, преобразующие рельеф. К ним относятся карстовые, суффозионные и оползневые явления.

Плоскостной смыв (или струйчатая эрозия) – чрезвычайно распространённая форма денудационных процессов на территории Самарской области. Она происходит на начальном этапе движения воды вниз по склону, сносит мелкие минеральные частицы струйками дождевых и талых вод, стекающих по меняющимся микроруслам или образующих сплошную водную пленку. Плоскостная эрозия сглаживает рельеф, уменьшает перепады высот, продукты смыва откладываются в понижениях и у подножия склона и называются *делювий*. На распаханых территориях плоскостной смыв выносит в днища оврагов, балок и долины рек огромное количество материала верхних гумусовых горизонтов почв, катастрофически снижая их плодородие.

Годовой сток с городских территорий обычно превышает сток в естественных условиях, этому способствует оголенность городского рельефа, разреженность растительного покрова озелененных участков. Но на городских территориях поверхностный смыв играет и положительную роль, поскольку связанное с ним удаление веществ с поверхности земли играет важную роль в очищении городов от загрязняющих веществ.

В городах овражная эрозия усиливается из-за увеличения объемов воды вследствие утечек из водопроводной сети и каналов ливневого стока, а также из-за уничтожения естественной растительности при планировке местности для строительства.

В Самарской области отмечено несколько случаев развития овражной эрозии на территории городов и населенных пунктов. Например, в 2007 году на ст. Погрузная отмечено продолжение врезания в жилую застройку крупного оврага, расположенного на правом склоне долины реки Кондурча на приводораздельной поверхности. Овраг имеет протяженность около 4 км, глубина оврага в средней части составляет 12-15 м, ширина – до 200 м. В настоящее время активность овражной эрозии и овражных оползней на данном участке слабая.

В городском округе Сызрань расположен крупный овраг, который примыкает к карстово-суффозионному полю на крутом волжском склоне. Борты оврага ниже магистральной автодороги, осложнены оползневыми процессами. Образовавшимся оползнем по левому борту разрушен один жилой дом и деформирован другой, жильцы из которых отселены. По тальвегу оврага протекает постоянный ручей грунтовых вод, которые подтапливают и разрушают комплекс гаражей, построенных в устьевой части оврага. Но в целом в Самарской области активность овражно-балочных процессов на территории населенных пунктов невысока, поскольку проводятся активные защитные мероприятия по снижению негативного воздействия экзогенных геологических процессов на геологическую среду и техногенные объекты.

Геологическая деятельность рек, озер и водохранилищ. На территории Самарской области расположено два крупных водохранилища на реке Волге (Куйбышевское и Саратовское) и ряд более мелких водохранилищ на других ре-

ках и ручьях (Кутулукское, Поляковское и др.). Город Самара возник в месте слияния двух крупных рек – Волги и ее притока Самары. В настоящее время Волга полностью зарегулирована и в пределах города Самары расположено Саратовское водохранилище, которое было заполнено в 1967-1968 гг. Саратовское водохранилище протянулось в длину на 357 км от плотины Саратовского гидроузла у г. Балаково до Жигулевской ГЭС в г. Тольятти. Общая площадь водохранилища – 1831 км², объём – 12,9 км³, ширина – от 0,8 до 12 км, средняя глубина – 7-8 м, максимальная глубина – 28 м, подпор уровня воды у плотины – 15 м, проточность – 0,27-0,56 м/сек, водообмен – 19 раз в год. Водоохранилище создано для целей энергетики и водного транспорта, используется для промышленного и коммунального водоснабжения, орошения и рыболовства, осуществляет суточное и недельное регулирование стока. Уровень водохранилища колеблется в пределах 0,5-1 м в течение года.

В пределах Саратовского и Куйбышевского водохранилищ идет процесс *современной аккумуляции* аллювиальных отложений. Активная абразия берегов водохранилищ приводит к усилению поступления материала в чашу водохранилища. Интенсивная аккумуляция аллювия наблюдается в зонах мелководий, происходит образование островов, отмелей, пляжей и общее заиление водоемов. Современные аллювиальные отложения в долинах рек имеют дифференциацию на фации русловую и пойменную и состоят из разнозернистых песков с многочисленными прослоями суглинков, глин и илов.

Карстовые процессы. Основные районы развития карста на территории Самарской области расположены в междуречье Сока и Самары и на территории Самарской Луки. На территории Самарской Луки карст представлен воронками и пещерами вблизи населенных пунктов Гаврилова

Поляна, Бахилова Поляна, Винновка, а также в Аскульском овраге. Карбонатные породы здесь сильно трещиноватые, закарстованные и местами разрушены до доломитовой муки [3].

На небольших участках проявления карста отмечены вдоль р. Сок (населенные пункты Преображенка, Зеленый, Малиновка, Радаевка, Боровки, Сергиевка), в междуречье р. Самары и р. Чапаевки (села Воскресенка и Каменный Брод), а также р. Чапаевки и р. Иргиз (села Березовый Гай, Красноармейское, Волчанка, Падовка, Михайло-Овсянка). Участки с линейным развитием карстовых образований отмечены в Клявлинском районе Самарской области [33].

На Сокско-Самарском междуречье насчитывается более 500 карстовых воронок разных размеров, сосредоточенных в основном вдоль реки Волги в районе населенных пунктов Старо- и Ново-Семейкино. В районе Старо- и Ново-Семейкино встречены карстовые воронки глубиной до 10 м.

В черте городского округа Самара в Сокольных горах, между Коптевым и Студеным оврагом расположена карстовая пещера Братьев Грече, имеющая протяженность более 300 метров.

На территории города Самары карстообразование выражено на берегу Волги, где близко к поверхности залегают карбонатные породы. На поверхности карстовые процессы вызывают возникновение карстовых форм рельефа в виде небольших воронок, блюдц и сложноветвящихся понижений. Размер воронок от 10 до 40 м в диаметре и глубиной от 1-2 до 10 м. Склоны большинства карстовых форм на незастроенных территориях задернованы. Накопление зимой снега в карстовых воронках и понижениях при весеннем снеготаянии за счет дополнительных запасов воды способствуют усилению процесса карстообразования.

Классификация карста Самарской области

По условиям залегания горных пород и характеру рельефа местности в Самарской области развит подтип равнинного карста в горизонтально залегающих породах. По составу карстующихся отложений выделяют следующие классы карста:

- карбонатный (известняки и доломиты карбона и верхней перми);
- карбонатно-сульфатный (известняки, доломиты, гипсы и ангидриты пермского возраста);
- сульфатный (гипсы и ангидриты пермского возраста);
- меловой (мела маастрихтского возраста);
- кластокарст (песчаники палеогена).

Возраст карста, проявляющегося в настоящее время, по данным А.И. Отрешко, датируется неоген-четвертичным периодом [48-50].

По степени перекрытости карстующихся пород выделены следующие подклассы карста: голый, задернованный, покрытый, закрытый, перекрытый, бронированный, погребенный.

В Самарской области *голый карст* присутствует только на крутых, скальных склонах Волги и Сока. Карстовые формы представлены небольшими трещинами и кавернами. Наряду с голым карстом в Самарской области на крутых водораздельных склонах и иногда на пологих склонах в пределах карстовых полей встречается *задернованный карст*. В целом по области имеет широкое распространение *покрытый карст*. *Закрытый* развивается там, где растворимые горные породы перекрыты элювиально-делювиальными отложениями и одновозрастными некарстующимися породами. Например, для Высокого Заволжья характерен такой разрез: под почвенно-растительным слоем залегают элювиально-делювиальные суглинки, ниже расположены верхнеказанские загипсованные глины, еще ниже – верхнеказанские гипсы. Если общая мощность перекрывающих отложений превышает 25 м,

то карст с поверхности не проявляется. *Покрытый вторичный* карст получил наибольшее распространение после акчагыльской трансгрессии, когда на большой площади произошло отложение морских глин. В дальнейшем в результате денудации древние карстовые формы были изменены эрозионными процессами и развиваются в настоящее время. Такие проявления известны на территории Сыртового Заволжья. *Бронированный карст* наиболее характерен для некоторых районов Самарской Луки и северо-восточных частей Высокого Заволжья. *Погребенный* выделяется там, где карстовые полости, образованные в минувшее геологическое время, сейчас погребены и заполнены более молодыми отложениями. На территории Самарской области нефтяные поисковые скважины часто вскрывают карстовые полости, находящиеся много ниже местного базиса эрозии и уровня грунтовых вод. Образовались они в течение всей геологической истории, когда морские карбонатные породы выводились на дневную поверхность. В настоящее время карстовые процессы в них не развиваются.

На территории области широко распространены карстово-суффозионные процессы в следующих районах: Безенчукский, Шигонский, Ставропольский, Сызранский, Сергиевский, Иса克林ский, Волжский и др. Следует отметить, что активность карстово-суффозионных процессов на территории области в последние годы не уменьшается и связана как с геологическим строением, так и с изменением гидрогеологических условий целых регионов (строительство и эксплуатация водохранилищ), добычей полезных ископаемых и т.д. Общая площадь территории Самарской области, на которой развиваются карстово-суффозионные процессы, составляет около 1524 км².

Среди поверхностных карстовых форм наиболее распространены на территории Самарской области карстовые воронки. Размеры их различные – от 5 до 100 м в плане и до

15 м глубиной. По диаметру, глубине и плановому рисунку чаще всего встречаются блюдцеобразные (54 %) и чашеобразные (36 %) округлые формы размерами от 5 до 25 м (44 %), размерами от 25 до 30 м (37 %), а глубиной от 1 до 5 м (56 %). Большая часть воронок задернована. Иногда на склонах встречаются высыпки щебня карбонатных пород или скальные выходы гипсов и известняков. Ряд воронок сульфатного и карбонатно-сульфатного карста имеют на дне водоотводящие поноры размерами от 0,1 м и более.

Водоемы, заполняющие некоторые воронки, называются **карстовыми озерами**. По режиму движения вод выделяются постоянные и исчезающие озера. Постоянное карстовое озеро у поселка Троицкое (Безенчукский район) по результатам замеров глубины наполняет блюдцеобразную воронку размерами 90 x 65 м. Глубина озера – 1,8 м. Наибольшее количество карстовых озер расположено в Сергиевском, Исаклинском и Камышлинском районах. Ряд озер в долинах рек здесь имеют мощные питающие источники сероводородных вод (оз. Голубое). Исчезающие озера широко распространены по Самарской области. Наполнение водой задернованных блюдцеобразных воронок происходит во время весеннего снеготаяния и летних дождей. В зависимости от величины фильтрации и атмосферных осадков вода держится до второй половины лета, иногда до осени. Самое известное исчезающее карстовое озеро находится в урочище Елгуши на Самарской Луке.

Замкнутые понижения, образованные при вторичном покрытом или бронированном карсте, диаметром более 100 м и глубиной 5-10 м называются **карстовыми котловинами**. Округлая котловина размерами 200x300 м и глубиной 10 м с озером на дне находится в Пестравском районе у пос. Падовка. Изометричная котловина, размерами 200x100 м, осложненная отвершками и оврагами, расположена в Игоневом Долу

у пос. Сырейка (Кинельский район). Дно котловины плоское, местами заболоченное. В северной части днища имеется русло временного водотока, приводящее ко входу в понорную пещеру Новая. Склоны котловины осложнены провалами.

Распространены также провалы цилиндрической или конической форм. Эти формы в Самарской области подразделяются на карстовые, суффозионно-карстовые, суффозионные, техногенно-карстовые и суффозионно-техногенные [48, 50].

Карстовые провалы типичны для задернованного и открытого подкласса, где перекрывающие отложения имеют мощность не более 1-3 м. Они имеют незначительный диаметр (порядка 10 м) и глубину от 2 до 6-8 м. По расположению в рельефе провалообразование происходит чаще всего в пределах карстовых полей, в непосредственной близости от карстовых форм или накладывается на них. Провал в районе пос. Водино произошел в 1998 г. В настоящее время он представляет неправильный цилиндр размерами 5x4 м и глубиной 5 м. Иногда карстовые провалы могут вскрывать фрагменты горизонтальных или наклонных подземных полостей (пещера Комариный провал) [8].

Суффозионно-карстовые провалы характерны для открытого сульфатного и карбонатно-сульфатного карста при мощности перекрывающих отложений до 20 м. Они наиболее опасные, так как могут достигать значительных размеров: 25-30 м. Два подобных провала образовались в 1991 и 1994 гг. в районе дачного массива Дойки (Красноглинский район Самары). Первый представляет в плане овал размерами 29x22 м. На дне его сформировано карстовое озеро. Второй представляет собой провальную воронку (17x12 м) с отвершком. На дне воронки также расположено озеро.

Карстовые овраги и *лога* можно подразделить на два типа. К первому относятся малые овраги и отвершки воронок

длиной 10-100 м V-образного сечения, активно подвергающиеся эрозионным процессам. Развитие их происходит за счет поверхностных, талых вод. Второй тип – суходолы средней длины (100-1000 м), представляющие лога, чаще всего корытообразного сечения, развитие которых осуществляется за счет безруслowych и ручьев, питающихся родниками зоны верховодки. Днища и склоны логов осложнены разнообразными воронками, зачастую понорными.

Карстовые поля Самарской области большей частью расположены на водораздельных склонах и имеют удлиненную, или изометричную форму. Морфометрические показатели полей зависят от типов карста. Площадь варьирует от 0,03 до 3,74 км², плотность воронок – от 13 до 430 шт. на км², коэффициент площадной закарстованности – от 4,8 до 30 [49].

К *подземным карстовым формам* относятся:

- расширенные растворением (раскарстованные) трещины;
- поры растворения (до 2 мм);
- каверны (от 2 до 20 мм);
- разнообразные полости (в том числе пещеры);
- разрушенные и разуплотненные зоны;
- поверхности растворения слоев карстующихся пород;
- нарушения залегания горных пород в результате их сдвижения и обрушения над карстовыми полостями, разрушенными и разуплотненными зонами;
- воронки и другие карстовые формы погребенного палеорельефа земной поверхности.

Провалы техногенно-карстового характера происходят в местах использования людьми геологического пространства. Связаны они в основном с аварийными утечками из коммуникаций, подъемом уровня грунтовых вод в результате сооружения водохранилищ. Замедленный, равнинный карст в этих районах активизируется на несколько порядков. Такие

проявления зафиксированы в населенных пунктах: Сызрань, Сергиевск, Серноводск, Самара, Алексеевка, Сырейка. Провал максимальных размеров (200x90 м и глубиной 25 м) на территории Самарской области произошел в шестидесятых годах при заполнении Куйбышевского водохранилища [8].

При изучении, проектировании, строительстве и эксплуатации различных сооружений на территориях распространения карстующихся пород необходимо руководствоваться соответствующей нормативной литературой. Инженерно-геологическая обстановка для многоэтажного строительства в Самаре и Самарской области далеко не идеальна. Фактически большая часть горных пород как города, так и области относится к карстовым. По условиям залегания и характеру рельефа развит подтип равнинного карста в горизонтально залегающих породах.

На территории города Самары имеются многочисленные примеры образования современных карстовых проявлений и «оживление» древних его форм. Карстовые поля, отдельные воронки, провалы и связанные с техногенным карстом деформации зданий зафиксированы как в старой части города, так и в Железнодорожном, Октябрьском, Промышленном, Кировском, Красноглинском районах. По самарскому водораздельному склону обособленные карстовые участки расположены в районе Лесопарка у пос. Яблонька, между проспектами Юных Пионеров и Карла Маркса, ниже улиц Клиническая и Верхнекарьерная [7].

Механическая суффозия

В Самарской области суффозионные (псевдокарстовые) провалы известны на западе Сызранского района, на участках выхода палеоценовых песчаников. Размеры провальных воронок до 10-15 м, глубина до 5 м. Образование их связано

с вымыванием рыхлых песков и последующим обрушением перекрывающих песчаников.

В городах, в том числе и на территории Самары, в настоящее время в связи с освоением все больших площадей под строительство различных сооружений широко распространен процесс *техногенной механической суффозии*. Отличие его заключается в более интенсивном протекании. Развивается техногенная механическая суффозия в случае выноса песчано-глинистого материала в строящиеся подземные коллекторы при авариях водопроводных систем, быстрой сработке уровней водохранилищ, длительных откачках подземных вод, работе дренажа и др. Наибольшая вероятность проявления процесса механической суффозии возникает весной и осенью, когда за счет интенсивного таяния снега или проливных дождей происходит поднятие уровня грунтовых вод.

Техногенно-суффозионные провалы наиболее распространены, и хотя они не связаны с карстовыми явлениями, механизм их образования идентичен. Например, в городском округе Самара произошел провал во дворе Клуба Революции 1905 года (ул. Льва Толстого, 94) вследствие обрушения перекрытий старого, забытого, заасфальтированного колодца. Большое количество провалов образуется во время аварий на водосодержащих коммуникациях: так в 2011 г. произошло образование провальной воронки по ул. Победы в городе Самаре.

Оползни

Современные оползни четко морфологически выражены. Часто они встречаются на берегу Волги, где развиваются отдельными участками или тянутся полосой вдоль всего склона. Оживление оползневой деятельности здесь связано с повышением уровня воды в Волге после сооружения водохранилищ и с развитием абразионных процессов. Наиболее

широко распространены оползни-сплывы, которые возникают на крутых (15-30°) увлажненных склонах. Массовое образование оползней-сплывов происходит после весеннего снеготаяния, при этом оползанию подвергается только почвенный горизонт и нижележащий маломощный делювий. Особенно большую опасность и вред народному хозяйству причиняют оползни, развивающиеся на застроенных территориях.

На территории Самарской области в зоне развития современных оползневых процессов на склонах Куйбышевского и Саратовского водохранилищ также находятся села Новодевичье, Климовка, Богатырь; приуроченные к долинам больших и малых рек: Кондурча, Самара, Большой Кинель, Сок, Чагра, Большой Иргиз и других, – населенные пункты в Кошкинском, Кинельском, Большеглушицком, Красноармейском, Алексеевском районах. Широко распространены современные оползневые процессы на территории городских округов Сызрань и Октябрьск, приуроченные к правому высокому склону Саратовского водохранилища и долинам рек Сызранка, Кубра, Крымза, Кашпирка. Следует отметить, что активность оползневых процессов на берегах волжских водохранилищ со временем не снижается. В 2007 году отмечена высокая активность процессов в селе Новодевичье, поселках Богатырь и Новокашпирский. Активизировались овражные оползни на станции Погрузная, в г.о. Октябрьск (ул. Прибрежная), поселке Новокашпирский (овраг по ул. Куйбышева). Отступление бровок надоползневого уступа на участках может составить до 1,5 м/год [5].

Наибольший вред оползневые процессы способны причинять на застроенных территориях. Например, в поселке Богатырь Ставропольского района области оползневые процессы начали развиваться на территории жилой застройки с 1995 года (в районе ул. Управленческая). Основным фак-

тором активизации оползневых процессов послужил подмыв основания склона в период высокого стояния уровня воды в водохранилище. Оползневым деформациям подвержены 3 двухэтажных дома, явно выраженная бровка отсутствует, появляются трещины растяжения и сброса, которые постоянно засыпаются. Степень активизации оползня – средняя. В зоне оползневых деформаций также находятся 5 жилых домов по ул. Репина. В поселке Строителей расположен крупный оползень скольжения шириной по фронту примерно 310 м, длиной по оси смещения ~160 м. Оползень захватил значительную часть прибровочной поверхности волжского склона в районе клуба «Строитель», жилого дома № 2 по ул. Лермонтова и ряда гаражей. В центральной части г.о. Сызрань на склоне III надпойменной волжской террасы продолжают развиваться оползневые процессы. Прибровочная поверхность террасы (параллельно бровке) застроена жилыми домами частного сектора – ул. Рабочая. Основание склона застроено жилыми домами – ул. Водопроводная. Оползневые грунтовые массы со склона, сместившись на жилые дома ул. Водопроводная, разрушили 5 жилых домов. Активность оползневых процессов проявлялась в виде локальных оплывин и мелких сплывов. Причинами незатухающих оползневых процессов являются большая высота и крутизна склона, геологическое строение, обводнение склона, а также вибрационные воздействия от автотранспорта [6].

Оползневые процессы имеют широкое распространение в некоторых районах города Самары. Развитию оползней способствует гидрогеологические условия, глубокая расчлененность рельефа, активная боковая эрозия, климатические особенности, а также антропогенные факторы. Оползни приурочены к достаточно крутым склонам (более 7-10°), имеющим водоносные горизонты. Усилению оползневой активности

в черте города Самары способствует интенсивная хозяйственная деятельность и застройка крутого берега Волги (подрезка оползнеопасных склонов, повышение давления, утечка воды из очистных сооружений, неумеренный полив и т.д.). Оползни современного возраста, которые развиваются в береговой зоне Саратовского и Куйбышевского водохранилищ, наблюдаются часто на фоне древних оползней. Активность оползней на данных участках связана с уровненным и ветровым режимом водохранилищ и негативными последствиями хозяйственной деятельности человека.

Обвально-осыпной процесс характерен для наиболее крутых склонов с углами, превышающими 35-40°. На территории Самары обваливание и осыпание крутых склонов незначительно, что связано с литологией слагающих их пород.

Абразия

В Самарской области расположено два крупных волжских водохранилища – Куйбышевское и Саратовское, по обоим берегам которых активно развиваются абразионные процессы. Высокая активность процессов абразии в селах Хрящевка, Луначарский, Подвалье, Климовка, Усолье, Березовка (Куйбышевское водохранилище), а также в селах Давыдовка, Софьино, Федоровка, Солнечная Поляна (Саратовское водохранилище). На остальных участках активность процессов низкая.

За последние годы выполнено укрепление берега в селах Хрящевка, Екатериновка, Приволжье, поселке Приморский. Частично выполнены берегоукрепительные работы в селах Луначарский, Подстепки, Белозерки. Наибольшим обрушениям береговой линии подвергаются неукрепленные участки берегов водохранилищ. На Куйбышевском водохранилище максимальное отступление бровки абразионного уступа за год произошло в селе Подвалье (Шигонский район) и составило

16,71 м (а с начала наблюдений берег здесь отступил по разным створам от 37,9 до 100,63 м). На других створах отступление бровок составили: в селе Усолье – 0,8 м, в селе Климовка – 0,03 м, в селе Хрящевка – 0,17 м, в селе Луначарский – 0,50 м. Средняя величина отступления бровок по Куйбышевскому водохранилищу составляет 3,04 м/год.

На Саратовском водохранилище максимальные величины отступления бровок абразионного уступа за год составили: в селе Федоровка – 0,85 м, в селе Давыдовка – 1,95 м (с начала наблюдений – 109,88 м), в селе Софьино – 1,50 м. На остальных наблюдаемых участках величина бровок составила от 0,0 м до 0,2 м. Средняя величина отступления бровок по водохранилищу за год составляет 0,78 м.

Просадочные явления

Лессовые грунты, для которых характерны просадочные явления, широко распространены на территории г.о. Самара и всей Самарской области. Представлены они в основном суглинками, супесями, реже – пылеватými песками, их мощность изменяется от нескольких метров до 10-13 метров. Особенность лёссовых пород – высокая пористость и слабая водостойкость агрегатов и значительное содержание карбонатов и сульфатов. Помещенные в воду лёссовые грунты быстро увлажняются и размокают, распадаясь на мелкие агрегаты и пылеватые частицы. Изменение влажности лёссовых грунтов серьезно сказывается на основных строительных свойствах – сжимаемости, просадочности и сопротивлении сдвигу [9, 11].

Просадочные явления наблюдаются в лёссовидных макропористых суглинках, имеющих развитие на I и II надпойменной террасах реки Самары и III надпойменной террасе реки Волги, а также на отдельных участках самарского и волжского склонов водоразделов.

Подтопление

Процессы подтопления грунтовыми водами получили широкое распространение на территории Самарской области и связаны как с естественными факторами, так и с хозяйственной деятельностью человека. Подтоплению подвержена западная и центральная часть городского округа Сызрань, жилые массивы городских округов Отрадный, Октябрьск, Чапаевск, пгт Нефтегорск, сел Кулешовка, Бариновка, Утевка, Нижнее Санчелеево и других. На территории городского округа Самара подтопленные территории в основном расположены по берегу реки Самары.

2.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какой процесс называется карстовым?
2. Что такое суффозия?
3. Перечислите виды карста.
4. Какие породы относятся к карстующимся?
5. Что такое просадочность?
6. Какие карстующиеся породы можно встретить на территории Самарской области?
7. Какие существуют формы подземного и поверхностного карста?
8. Привести примеры противокарстовых мероприятий.
9. Что такое эрозия?
10. Какие виды эрозии существуют?
11. Дайте классификацию подземных вод.
12. Что такое абразия?
13. Перечислите виды речных долин и дайте их характеристику.
14. Какие способы образования подземных вод существуют?
15. Что положено в основу инженерно-геологического районирования территории?

3. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Природные скопления одного или нескольких видов минералов в форме геологических тел образуют месторождение полезных ископаемых. *Месторождением полезного ископаемого* называется участок земной коры, в котором в результате тех или иных геологических процессов произошло накопление минерального вещества, по количеству, качеству и условиям залегания пригодного для промышленного использования [54]. Накопление может происходить в различных геологических условиях образования, которые подразделяются по генезису на три группы: эндогенная, экзогенная и метаморфическая.

К эндогенным условиям образования относятся месторождения:

- магматические (апатит-нефелиновые и другие);
- пегматитовые (керамические, мусковитовые, цветных камней и др.);
- гидротермальные (сидеритовые, родохрозитовые, магнетитовые, хризотил-асбестовые, баритовые, алунитовые и другие).

К экзогенным условиям образования относятся месторождения:

- выветривания (бокситовые, каолиновые, марганцевые и другие);

- механического осаждения (гравийные, песчаные, глинистые);

- химического осаждения (сульфатно-галоидные, фосфатные, кремнистые, карбонатные);

- эпигенеза (самородная сера, нефть, газ, йодо-бром и другие).

К метаморфическим условиям образования относятся месторождения:

- региональные (апатитовые и другие);

- контактовые (графитовые, корундовые и другие);

- зеленосланцевые (мрамора, кварциты, кровельные сланцы и другие);

- амфиболитовые (амфибол-асбестовые и другие).

Полезное ископаемое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после переработки, если оно имеет экономическое значение. К месторождениям полезных ископаемых предъявляются требования по технической возможности и целесообразности их разработки [55].

К неметаллическим полезным ископаемым относится широкий спектр минералов и пород, которые не используются для извлечения металлов или в качестве горючих материалов. По главным направлениям промышленного использования неметаллические полезные ископаемые подразделяются на несколько групп:

- строительные горные породы (природные камни, пески, сырье для керамики и стекольной промышленности и другие);

- индустриальное сырье (алмаз, графит, ювелирные камни, оптические минералы, слюда, асбест и другие);

- химическое сырье (фосфориты, поваренная соль, калийная соль, сера, барит, апатит, флюорит и другие).

Геолого-промышленная классификация этих полезных ископаемых разнообразна, т. к. многие из них являются сырьем многоцелевого назначения.

Для строительных материалов целесообразно применять классификацию Б.М. Григоровича и В.М. Борзунова, в основе которой рассматривается характер природных продуктов и способы их технологического передела [13]. Все минералы и горные породы среди нерудных полезных ископаемых они делят на две группы:

- 1) природные каменные материалы и
- 2) природное минеральное сырье.

Каменные материалы подразделяют на технические и строительные. В технических материалах выделены: драгоценные, поделочные, пьезооптические, абразивные, изоляционные и наполнители, огне-, кислото- и щелочеупорные, формовочные и др. В минеральном сырье выделены: облицовочные, стеновые, колотые и тесаные, дробленые.

Минеральное сырье подразделяется на горнотехническое и горно-химическое. В горнотехническом сырье выделяют: флюсы и плавни, огнеупорное, керамическое и стекольное, цементное, сырье для пористых заполнителей и для каменного литья. В горно-химическом сырье выделяют: агрохимическое, химическое и минеральные пигменты.

По происхождения месторождения нерудных полезных ископаемых могут быть первичными и вторичными. *Первичные* образуются в момент образования вмещающих пород магматических и осадочных, а также позднее, выполняя пустоты или путем замещения при метаморфизме. *Вторичные* месторождения образуются в результате процессов выветривания путем механического или химического осадко-накопления [12].

3.2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИ ПОИСКЕ И РАЗВЕДКЕ

Из недр земной коры извлекают самый большой объем горных пород, которые относятся к строительным материалам. В настоящее время выявлены и охарактеризованы все перспективные территории крупных месторождений на все основные виды неметаллических полезных ископаемых. Все большее значение приобретают поиски и разведка небольших месторождений местного значения. Целью поиска является нахождение нужного месторождения, а целью разведки является выполнение анализа этого месторождения.

Стадийность геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые рекомендуется выполнять в соответствии с «Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые)» [51]. Но поиск и разведка месторождений неметаллических полезных ископаемых строительных материалов местного значения осуществляется на основании проектов. Поиск и разведка месторождений неметаллических полезных ископаемых строительных материалов осуществляется на основании проектов. Состав проектов включает два основных этапа предполагаемых работ. **Первым этапом** являются поисковые работы, которые включают изучение существующих материалов по перспективному району и полевые геологические работы. **Вторым этапом** являются разведочные работы, которые включают предварительную и детальную разведки.

На первом этапе поисковых работ первоначально *изучаются существующие материалы*, по которым выявляется перспективность изучаемого района на наличие полезного ископаемого для определенного предприятия по местополо-

жению, производительной мощности, годовой потребности в сырье и техническим условиям.

Затем во время проведения *полевых геологических работ* предварительно определяют площадь распространения полезного ископаемого, мощность толщи, неодинаковые петрографические качества, т.е. структурные особенности, размер зерен, пористость, трещиноватость, наличие и количество вскрышных пород, качество ископаемого и его однородность по простиранию и на глубину полезной толщи.

При исследовании пород необходимо обращать внимание на ее цвет, зависящий от преобладания того или иного минерала, входящего туда. Изменение цвета может идти равномерно или полосами, что может быть показателем изменения качеств.

Примеси некоторых минералов, например, серный колчедан, значительное количество слюды резко понижают технические качества породы.

Различный характер излома пород может обнаружить неодинаковые качества слоев, казавшихся однородными.

Степень выветривания определяется по мутному виду или меньшей твердости минералов, которые в свежем изломе имеют вид блестящий и прозрачный, например, кальцит и доломит.

Охристая окраска, легкое вскипание с кислотами есть характерный признак выветривания в осадочных породах.

Предварительные полевые геологические работы позволяют выявить целесообразность проведения разведочных работ. Несмотря на благоприятные впечатления, качество строительного материала следует проводить лабораторные испытания.

На втором этапе разведочных работ первоначально выполняется *предварительная оценка всего месторождения*

в целом с помощью проходки горных выработок по определенной сетке. Расстояние между выработками постепенно сокращается с целью определения формы полезного ископаемого в плане. Для определения глубины залегания толщи выработки проходятся через все тело до подстилающих пород в разрезе. На этом предварительном этапе разведочных работ методом опробования по каждой выработке изучается качество и количество полезного компонента. В результате предварительной разведки изучаются условия эксплуатации месторождения. Проводится технико-экономический анализ целесообразности его разработки исходя из соотношения мощности вскрышных пород к мощности толщи полезного ископаемого, а также учитывается степень обеспеченности района в строительных материалах.

Стоимость строительного камня зависит от следующих факторов: 1) легкости его выемки; 2) расстояния от карьера до места постройки и условий доставки; 3) его чистоты; 4) легкости обработки; 5) природных условий добывания.

Каждое из этих условий в том или ином случае имеет решающее значение на выбор ископаемой породы.

После предварительной оценки месторождения на втором этапе проводится *детальная разведка*. Она уточняет гидрогеологические и горно-геологические условия путем тщательного исследования полезного ископаемого и подсчета его запасов.

Подсчет запасов чаще проводят среднеарифметическим методом. Для этого определяют среднюю мощность и площадь полезного ископаемого. Затем, перемножая эти показатели, устанавливают объем разведываемых запасов в куб. м. Запасы подразделяются по категориям А, В, С₁, С₂, С₃ в соответствии с «Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (Утверждена Приказом МПР России от 11.12.2006 №278) [34].

На первом поисковом этапе устанавливают предполагаемые запасы категорий С. Предварительная разведка позволяет установить запасы по категории Б. Детальная разведка проводится для подсчета запасов по категории А. Запасы утверждают в государственных или территориальных комиссиях, после чего выполняют проектирование карьеров по разработке месторождения [12].

3.3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

При карьерных разработках происходит значительное изменение природного ландшафта: образуется техногенный рельеф, полностью разрушается почвенный покров, изменяются гидрологический и гидрогеологический режимы и т.п. [3, 4]. **Карьер** – это горное предприятие по добыче полезного ископаемого открытым способом. Он представляет собой систему уступов. В процессе эксплуатации происходит перемещение рабочих уступов, вследствие чего увеличивается выработанное пространство. Перемещение полезного ископаемого на промышленную площадку для первичной переработки или для отгрузки потребителю формируют основные грузопотоки в карьере, которые определяют его облик. При разработке крепких горных пород применяют взрывные работы. Для бурения взрывных скважин используют буровые станки. Рыхление пород осуществляется механическим рыхлителем, а погрузка – экскаваторами, механизированными лопатами, одноковшовыми погрузчиками. Перевозка проводится автосамосвалами высокой грузоподъемности и маневренности. Электроснабжение карье-

ра осуществляется по воздушным линиям через карьерные подстанции. Для питания вспомогательной техники и освещения карьера в рабочей зоне используются передвижные трансформаторные киоски. В связи с большим масштабом горных работ и глубиной в карьерах изменяется циркуляция масс воздуха, холодный воздух «стекает» в карьер, создается особый микроклимат [31].

В результате накопления ливневых, талых и подземных вод в карьерах формируются карьерные воды. При ведении горных работ они загрязняются механическими частицами и химическими соединениями за счет размыва вскрышных отвальных пород и полезных ископаемых, а также минеральными маслами, щелочами, фенолами и другими веществами, используемыми при работе карьерной техники. Эти воды подлежат очистке перед сбросом их в поверхностные водотоки.

К объему производства нерудных материалов следует добавить отходы (отсевы) камнещебеночного производства, выход которых изменяется в зависимости от исходной горной породы. В этих отходах содержится песок, мелкий щебень, пыль. Каждый миллион кубических метров добытого минерального сырья покрывает отходами 15-20 га земной поверхности. Промышленные отходы могут представлять собой техногенное минеральное сырье и образовывать техногенные месторождения полезных ископаемых. В настоящее время для производства строительных материалов используются вскрышные и вмещающие породы, отходы обогащения, доменные шлаки, отвалы ТЭЦ и др. Уменьшить экологический урон можно путем комплексной переработки, обеспечивающей высокий выход полезного продукта из природного минерального сырья [31, 35].

3.4. РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Перечень полезных ископаемых территории характерен для осадочного чехла древних платформ, который в свою очередь осложнен тектоническими структурами второго и третьего порядка.

Образование месторождений полезных ископаемых связано с тектоникой и палеогеографией на данной территории в момент накопления осадков, а также зависело от процессов диагенеза, эпигенеза и других факторов. Они приурочены территориально к стратиграфическому подразделению и определенному литолого-минералогическому комплексу [52].

Все известные месторождения Восточно-Европейской платформы возникли во время формирования осадочного чехла. Накопленные полезные толщи приурочены к определенным стратиграфическим комплексам [39, 40, 41].

На территории Самарской области расположены уникальные для Европейской России месторождения полезных ископаемых [15].

Месторождения строительного камня приурочены к выходам на поверхность отложений верхне-каменноугольного и пермского возраста. Они находятся в одиннадцати районах западной, северо-восточной и южной горнопромышленных зонах.

В области имеются определенные геологические предпосылки для обнаружения небольших проявлений карбонатного оникса.

Традиционным минеральным сырьем являются опоки и трепела, разрабатываемые Балашейским промкомбинатом для производства цемента в качестве гидравлических добавок. По физико-механическим свойствам опоки отвечают тре-

бованиям, предъявляемым промышленностью к адсорбционному материалу. Они могут служить сорбентами различного назначения, например, для осушки и сероочистки попутного газа на газоперерабатывающих заводах. В нефтеперерабатывающей и строительной индустрии можно наладить производство силиката натрия (жидкого стекла). Для сельского хозяйства – это великолепный агрономический материал. Весьма перспективно использование опал-кристобалитовых пород для получения легких термолитовых заполнителей с высокими прочностными характеристиками.

Одним из ценнейших видов минерального сырья служат различные глины. Бентонитовые глины с большим содержанием монтмориллонита (Смышляевское месторождение) использовались до последнего времени для производства керамзита и глинистых растворов. Легкоплавкие глины и суглинки пригодны для получения искусственного щебня (гравия) – керамдора. Тугоплавкие глины служат сырьем для производства керамики и кирпича [43].

Запасы мела в Шигонском районе пригодны для производства цемента и извести. Для производства гипсовых и ангидритовых вяжущих наиболее изученным и перспективным является Троицкое месторождение с тремя продуктивными пластами гипса и одним пластом ангидрита.

Месторождения стекольного песка (Балашейское, Чапаевское, Передовое) без обогащения могут быть использованы только для варки стекла, пригодного для изготовления бутылочной и консервной тары.

Возможна добыча каменной соли на крупнейшем Дергуновском месторождении, расположенном в 70 км от г. Чапаевска. Пласты залегают в интервале глубин 403-475 м. Предлагаемый способ разработки – подземное выщелачивание соли через буровые скважины.

Каждый вид полезных ископаемых имеет свою количественную и качественную характеристику, что обуславливает целесообразность их промышленного освоения [44].

Огромный дефицит область испытывает в природных облицовочных материалах. Разработка Жигулевского мрамора в районе с. Ширяево, расположенного на территории Национального парка «Самарская Лука», не решает проблемы.

Добыча строительных материалов (известняка и доломита) в качестве щебня ведется в Яблонево овраге (рисунок 8), в карьерах Сокский, Богатырь (рисунки 9, 10) и на других участках.



Рис. 8. Добыча известняка и доломита в Яблонево карьере



Рис. 9. Сокский карьер, Соколы горы



Рис. 10. Богатырь, карьер по добыче щебня

На базе добычи ряда нерудных ископаемых функционируют различные предприятия промышленности по производству строительных материалов.

При добыче и переработке полезных ископаемых необходим принцип эффективности использования сырья. В этом случае предусматривается добыча в таких размерах, которая обеспечивала бы нужды не только настоящего, но и будущего поколений. Извлекаемые полезные ископаемые необходимо полностью использовать, стремиться к максимальному выходу из них полезных компонентов, отходы от первичной переработки обязательно направлять в другие отрасли для производства сопутствующих товаров. Такая технология комплексной переработки исходного сырья называется безотходной и является экономически эффективной [55].

Анализ объема и добычи нерудных полезных ископаемых Самарской области

На территории Самарской области добывается следующее минеральное строительное сырье:

- строительный камень,
- кирпично-черепичное сырье,
- керамзитовое сырье,
- пески строительные,
- карбонатные породы на строительную известь,
- цементное сырье,
- гипс и ангидрит,
- песчано-гравийные материалы.

Строительный камень. Основная добыча этого полезного ископаемого находится в районе Жигулевских дислокаций, где сосредоточены наиболее крупные месторождения: Яблоновское, Сокское, Могутова гора, Новосемейкинское, Липовая поляна, Троекурово-Губинское. По данным на 2005 г. всего в области 15 месторождений, разрабатываются 8.

Почти половина щебня и гравия из природного строительного камня производится на Сокском карьере. Остальные объемы равномерно распределены между ЗАО «Жигулевское карьерное управление», ЗАО «Жигулевский известковый завод», ОАО «Жигулевские стройматериалы».

Кирпично-черепичное сырье. Количество разрабатываемых месторождений на 2004 г. составляет 21, и половина балансовых запасов размещены в Сызранском, Ставропольском, Кинельском, Кинель-Черкасском районах, где сосредоточены наиболее крупные месторождения: Алексеевское, Сызранское, Даниловское, Кинель-Черкасское, Нововасильевское.

Керамзитовое сырье. На 2005 г. основная часть всех балансовых запасов керамзитового сырья размещена на территориях Волжского, Кинельского и Сызранского районов, где сосредоточены наиболее крупные месторождения: Смышляевское, Бугры, Образцовское. Общее количество – 8, разрабатывают – 5.

Пески стекольные. Общее количество месторождений песков составляет на 2005 г. – 38, разрабатываемых – 14, запасы которых превышают втрое. Наиболее крупные из числа разрабатываемых: Чапаевское, Алексеевское, Фрунзенское, Октябрьское, Кольцовское, Винновское, Радайкинское.

Карбонатные породы на строительную известь. К этому сырью относятся: известняки, доломиты и мел. К 2005 г. в балансе запасов 4 месторождения известняков: Липовая поляна, Сергиевское, Новосемейкинское, Троекурово-Губинское. Разрабатывается 2 месторождения, запасы которых более чем в 11 раз крупнее неразрабатываемых.

Запасы мела сосредоточены в Сызранском районе, на балансе – 2 месторождения, с 2005 года не разрабатываются.

Цементное сырье. Основным сырьем служат карбонатные породы, глины и опоки. На 2005 г. сырьевая база цементного

сырья представлена запасами 4 месторождений: Яблонского, Балашейского, Валы и Александрово поле.

Гипс и ангидрит. Минерально-сырьевая база гипса и ангидрита представлена 4 месторождениями: Буз-Башское, Троицкое, Сок-Поляевское, Студенецкое. Из них разрабатывается одно.

Песчано-гравийные материалы. На балансе стоят 4 месторождения: Верхнесъезжинское, Бахилова Поляна, Подгорненское, Похвистневское. Они считаются некондиционными и на 2005 г. не разрабатываются [16, 17].

3.5. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ

После завершения разработки месторождения важную проблему представляет собой рекультивация карьерных разработок и предотвращение перехода земельных участков в нарушенные земли. Особое внимание при карьерных разработках следует уделять сохранению почвенных слоев и правильно складировать вскрышные породы с последующим их возобновлением во время рекультивации [10, 17, 25]. Рекультивацию обычно проводят на площадках карьерных уступов. Отвесные стенки остаются оголенными и подвергаются постоянным процессам выветривания. Виды выветривания могут быть различными, но в любых климатических условиях преобладает физическое. При этом в плотных породах со временем образуется интенсивная трещиноватость, что приводит к обвалам глыб, накоплению обломочного материала у подножия склонов в виде щебня, дресвы и более мелких обломков.

Вопросы восстановления и дальнейшего использования нарушенных земель являются весьма актуальными, поскольку

ку данные территории оказывают значительное геоэкологическое воздействие на прилегающие земли [37, 53]. Мониторингу и оценке современного состояния нарушенных земель уделяется недостаточное внимание [19, 21].

Одним из примеров нарушенных земель является *Водинское месторождение* самородной серы, которое расположено в Красноярском районе Самарской области около пос. Новосемейкино. Уникальность данного месторождения заключается в том, что здесь был найден самый большой в мире кристалл самородной серы длиной 30 см. Кроме крупных кристаллов серы, в известняках часто встречаются кристаллы других минералов – целестина, гипса, кальцита, пирита и пр. [15, 16].

Водинское месторождение является экзогенным месторождением самородной серы, стратиформного типа, его образование связано с эвапоритовыми слоистыми сульфатно-карбонатными толщами пород. Одна из теорий происхождения данного месторождения предполагает, что образование таких месторождений происходило в результате биохимических процессов в осадках лагунного типа. При этом образовывались отложения ангидрита, гипса, известняка и мергеля. Самородная сера при этом сформировалась путем восстановления сульфатов с участием анаэробных бактерий, которые активизировались при наличии углеводов. Данный микробиологический процесс приводил к образованию сероводорода, который затем окислялся в приповерхностных условиях с выделением самородной серы, осаждавшейся на дно в виде тонких слоёв и рассеянных вкраплений.

Эксплуатация Водинского месторождения началась с 1928 г. В настоящее время необходимость в добыче самородной серы отсутствует. Водинское месторождение серы до конца не выработано, у него остались балансовые запасы, но сейчас большинство карьеров превращено в свалки мусора.

Например, одна из карьерных территорий (на рис. 11, Ю-1) представляет собой слабо пересеченную местность с негустой древесной растительностью. По периметру карьера располагаются многочисленные карстово-суффозионные воронки и провалы с выходами коренных пород на крутых склонах, пологие склоны и дно воронок задернованы.

В обнажениях четко различается однородная плотная толща горизонтально залегающих пластов мелкозернистого гипса с прослоями уплотненного известняка мощностью от 5 до 15 см. Выше плотной толщи расположена мелкообломочная осыпь, состоящая из выветренного гипса.

Изучение почвенного покрова территории показало распространение черноземов типичных остаточно-карбонатных и луговых почв в понижениях рельефа [22].

В настоящее время площадь карьера по верхней кромке составляет 156531 м², площадь дна карьера – 93172 м² [20].

Современное состояние исследуемого карьера представляет собой мусоросборник. Дно карьера засыпается промышленными отходами, поэтому данный техногенный ландшафт можно отнести к группе «индустриально-мусорно-отвалных», поскольку широко представлены отвалы из отходов перерабатывающей промышленности – золы, бытовых отходов и т.д. (рисунок 12) [4].

Аналогичные процессы наблюдаются и на неразрабатываемом в настоящее время карьере карбонатных пород в Красноглинском районе г.о. Самара на горе *Тип-Тяв*. Необходимо отметить, что рекультивация карьера на горе Тип-Тяв проводилась в недостаточном объеме, поэтому большая часть карьера в настоящее время не покрыта растительностью (рисунок 13). На некоторых участках карьера ведется незаконная добыча строительного камня [18].

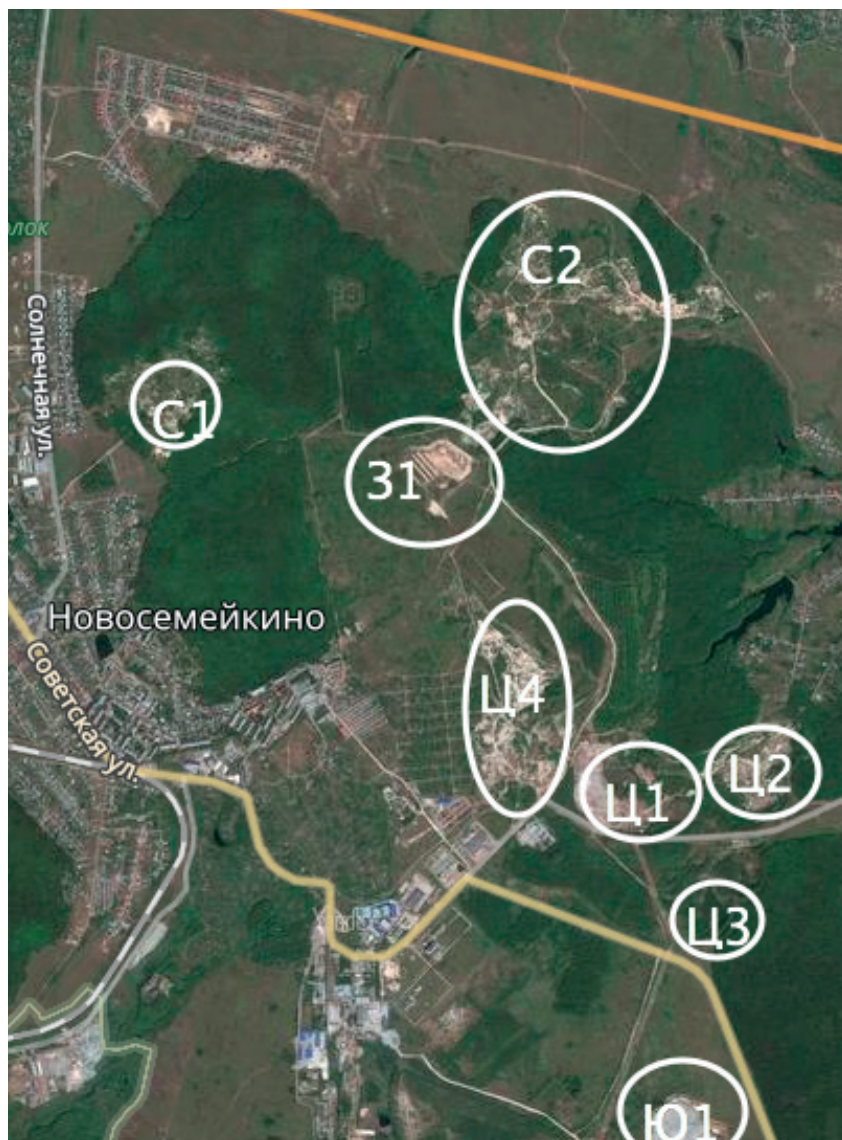


Рис. 11. Карьеры Водинского месторождения серы
(схема сделана авторами с использованием сервиса Яндекс-карты)



Рис. 12. Современное состояние одного из карьеров (Ю-1)
Водинского месторождения серы

Следует отметить, что в некоторых странах разработаны различные технологии рекультивации отработанных карьеров. Данные земельные участки не превращаются в свалки бытового и промышленного мусора и не забрасываются, а используются рационально: на них создаются зоопарки, ботанические сады (например, в Австралии – рис. 14-16), туристические комплексы и другие культурные объекты. Все чаще встают вопросы создания геопарков для сохранения геологических объектов как памятников природы [14].



Рис. 13. Карьер на горе Тип-Тяв Красноглинского района г.о. Самара:
слева – частичная рекультивация нижних уступов;
справа – отсутствует рекультивация на верхних уступах

Существуют примеры удачной рекультивации территорий карьерных разработок, например, в Жигулях известковым заводом «Богатырь» производилось облесение склонов выработанного карьера. Здесь на известковом склоне нарезались ступени, на площадках которых вырубались траншеи, в которые высаживались саженцы [23].

Для создания водонепроницаемости дно траншей засыпалось глиной, затем в них засыпали мусор, который сверху присыпали сохранным почвенным слоем. В траншеи высаживали саженцы сосны и ели, которые успешно растут в настоящее время.



Рис. 14. Ботанический сад на месте отработанного базальтового карьера (Австралия)

На территории отработанного базальтового карьера в городе Мельбурне (Австралия) размещен ботанический сад с разнообразными деревьями, кустарниками и цветниками на террасовидных уступах. Имеются деревянные ступенчатые спуски и уютные площадки для пикников и развлечения детей. На нижнем уровне дна карьера устроены водоемы в виде небольших озер, где свободно плавают утки, черепахи и другие обитатели водной среды (см. рис. 14). При входе в сад размещен небольшой информационный зал-музей с описанием истории карьера, его открытия, разработки, интересных геологических находок и рекультивации (рисунки 15, 16).

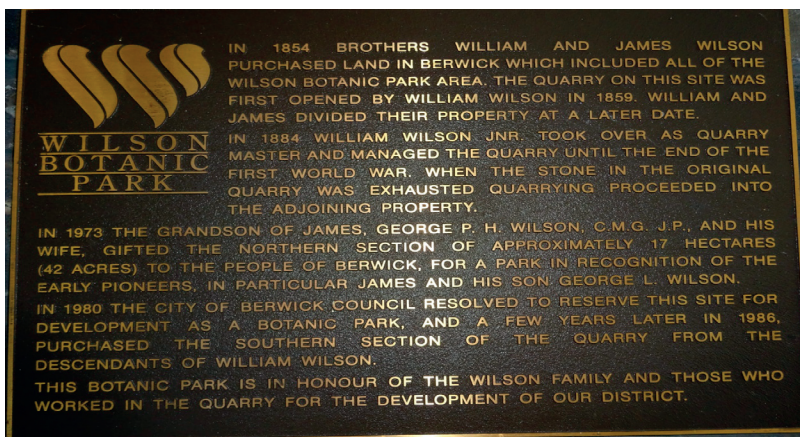


Рис. 15. История разработки и рекультивации базальтового карьера (Австралия)



Рис. 16. Элементы музейного оформления на территории ботанического сада (Австралия)

Примером использования заброшенных карьеров для создания зон рекреации является муниципальный стадион в городе Браге (Португалия). Стадион расположен на месте карьера и буквально встроен в скалистый склон горы Монте-Каштру (рис. 17). Он был возведен к чемпионату Европы – 2004, вмещает в себя около 30 000 зрителей. Муниципальный стадион города Брага представляет собой одно из оригинальных решений в деле стадионостроения. Он имеет всего две трибуны, расположенные друг напротив друга. Одна из них вплотную примыкает к скале, буквально лежит на ней. Трибуна же напротив «висячая», т.е. ни на что не опирается. Дополнительную устойчивость конструкции придают тросы, протянутые между козырьками трибун.

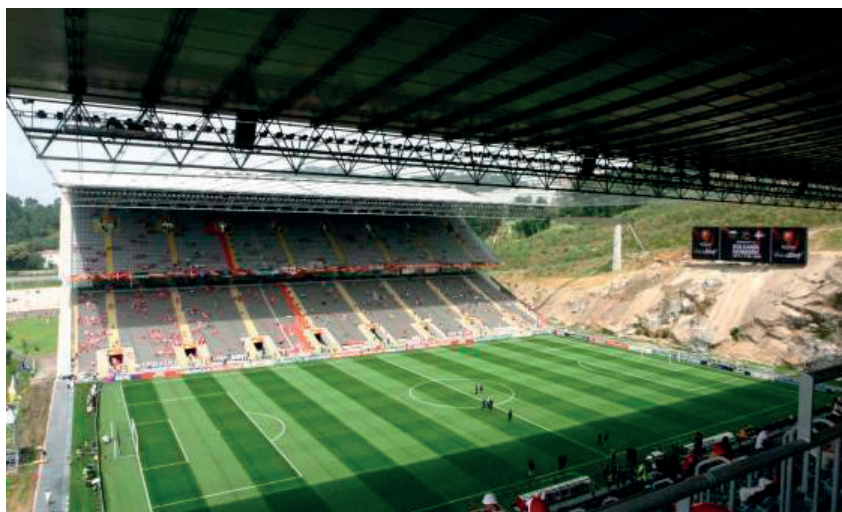


Рис. 17. Муниципальный стадион города Браги (Португалия)

Еще одним примером из мирового опыта – заброшенный карьер Санкт-Маргаретен (Австрия). В карьере, где велась

добыча песчаника, создан один из самых впечатляющих зрительных залов в Европе (рис. 18). 220 000 зрителей каждый год посещают фестиваль классической музыки под открытым небом, который проводится здесь. По скалам над обрывами широкими зигзагами спускается 330-метровый пандус. Девятнадцатью метрами ниже он заканчивается на фестивальной площадке.



Рис. 18. Карьер Санкт-Маргаретен, Австрия.
Зрительный зал под открытым небом

Инженерно-геологические воздействия на окружающую среду в виде карьерных разработок проявляются экзогенным техногенезом. В результате этого усиливается процесс выветривания, денудации и аккумуляции, что приводит к изменению атмосферы, гидросферы, рельефа и к геоэкологическим последствиям.

Добыча полезных ископаемых, особенно открытым способом, приводит к изъятию из хозяйственного оборота большого количества земель. Поэтому восстановление поверхности земли является одной из самых актуальных задач охраны окружающей среды.

Основная задача восстановления окружающей среды состоит в вовлечении нарушенных земель в хозяйственное и культурное использование. Для этого создается экологически сбалансированная система, имеющая эстетическую и экономическую ценность.

Различают несколько стадий рекультивации: горнотехническую, биологическую, строительную и др. Горнотехническая рекультивация предусматривает совмещение нарушенных земель с окружающим ландшафтом путем планирования поверхности отвалов и придания устойчивого состояния откосам в уступах карьеров. Биологическая рекультивация заключается в озеленении нарушенных земель. Строительная рекультивация применяется при рекультивации отвалов в черте населенных пунктов. Уменьшение площадей нарушенных земель необходимо для улучшения экологического состояния территории.

3.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дайте определение: что такое полезные ископаемые?
2. Назовите важнейшие комплексы месторождений полезных ископаемых Самарской области.
3. Какие полезные ископаемые встречаются на территории Самарской области?
4. В какие три группы объединяются полезные ископаемые, находящиеся в недрах земли Самарской области?
5. Какие месторождения полезных ископаемых имеют промышленное освоение?
6. Какие принципы обеспечивают рациональное использование полезных ископаемых?

7. Как вы понимаете термин «безотходная технология»?
Что дают безотходные технологии экономике области?
8. Какие строительные материалы располагаются на территории Самарской области?
9. Каковы перспективы использования горючих сланцев Кашпирского месторождения Сызранского района Самарской области?
10. В чем проявляются техногенные изменения земной коры?
11. Какие меры могут способствовать рациональному использованию минеральных ресурсов?
12. Какие выделяются этапы поиска месторождений полезных ископаемых?
13. Дайте классификацию полезным ископаемым по их промышленному применению.
14. Какие полезные ископаемые относятся к группе неметаллических?
15. Какие вопросы решаются на стадии детальной разведки месторождений?
16. По какому принципу и на какие категории делятся запасы полезных ископаемых?
17. Что такое запасы и прогнозные ресурсы?

4. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ И РАЗРЕЗОВ

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КАРТАХ И РАЗРЕЗАХ

При строительстве после проведения изыскательских работ обязательными документами являются геологические и гидрогеологические карты и разрезы.

Геологические карты отражают геологическое строение земной поверхности и примыкающей к ней верхней части земной коры.

Среди них различают специализированные карты. Например, литолого-стратиграфические карты отображают литологический состав горных пород, их возраст и условия залегания. Этот вид чаще других применяется в практике геологических исследований для строительства. Карты, характеризующие распространение и условия залегания подземных вод, называются гидрогеологическими. На геоморфологических картах изображаются основные элементы рельефа земной поверхности, разделенные по происхождению и времени образования. Карты полезных ископаемых изображают месторождения минерального сырья в горных породах и закономерности их распространения. На тектонических картах указываются структурные элементы земной коры, деформации пород и условия их геологического развития. На картах четвертичных отложений изображаются осадочные образования континентального и морского происхождения четвертичного возраста.

Инженерно-геологическая карта представляет собой геологическую карту, на которой показаны литология, элементы физико-геологических явлений (оползни, обвалы, карсты и др.), источники подземных вод, характеристики физико-механических свойств горных пород.

Инженерно-геологические карты в свою очередь имеют три разновидности:

1) инженерно-геологических условий; карта содержат информацию о природных условиях территории для любых видов наземного строительства;

2) инженерно-геологического районирования; на картах выделены регионы со схожими инженерно-геологическими условиями;

3) специального назначения; карты строятся для конкретного типа строительства, где отображается прогноз инженерно-геологических явлений.

По масштабу все геологические карты делятся на обзорные, региональные и детальные. Обзорные карты составляются на большие территории в мелком масштабе (1:1000 000 и мельче).

Региональные карты охватывают территории отдельных районов и составляются в средних масштабах (1:500 000, 1:200 000 и 1:100 000).

Детальные карты составляются на небольшие территории в крупных масштабах (1:50 000, 1:25 000 и крупнее). В зависимости от масштаба на геологических картах информация имеет разную детальность.

На геологических картах показывают площадные, линейные и точечные обозначения геологических объектов. Элементами геологических карт являются принятые условные обозначения, геологические разрезы и стратиграфические колонки.

Геологическая информация на картах изображается при помощи условных обозначений.

Выходы осадочных тел на дневную поверхность закрашиваются цветами, соответствующими цветам стратиграфической (геохронологической) шкалы и ставятся индексы соответствующего геологического возраста. Каждый период имеет свой цвет, а отделы закрашиваются оттенками этого цвета, и более темные оттенки указывают на древний возраст. Литологический состав отображается штриховкой, имея свои условные обозначения. Поля развития магматических тел закрашиваются определенными цветами с буквенными индексами, соответствующими химическому составу и возрасту пород. Цвет зависит от содержания кремнезема. Например, кислые породы обозначаются красным цветом, а ультраосновные – фиолетовым.

Элементы залегания обозначаются условным знаком, в котором одна короткая линия со стрелкой на конце указывает направление падения пласта, а цифра показывает величину угла падения.

На специальных картах обозначаются условными знаками скважины, обнажения, гидрогеологические особенности и т. д.

Основная задача при составлении геологических карт заключается в том, чтобы дать картину распространения горных пород и условия их залегания в данной местности. Техника составления геологической карты заключается в переносе всех геологических объектов с местности на топографическую основу. На полевую геологическую карту наносятся все точки наблюдений и результаты исследований при помощи условных обозначений, геологические контуры и границы, водоносные пункты и т. д.

На основе описания и зарисовки каждого обнажения, а также данных бурового журнала при бурении скважин со-

ставляется геологическая колонка. Колонка или нормальный разрез одиночной выработки или обнажения показывает вертикальную последовательность осадочных образований, их литологический состав и мощность.

Все геологические колонки используются для построения геологического разреза. Эти построения осуществляются в разных – вертикальном и горизонтальном – масштабах (обычно соотношение первого ко второму от 1:10 до 1:100). По выбранному направлению (по оси какого-либо сооружения, мостового перехода и т. д.) строится топографический профиль, на который наносятся в выбранном масштабе колонки горных выработок. Затем, увязывая между собой отдельные выработки путем соединения непрерывными линиями отдельных слоев, составляют геологический разрез. Геологический разрез дает возможность выяснить условия залегания горных пород, формы геологических тел, изменения их мощности, характер складчатости и разрывных нарушений. Наиболее ясную картину геологических событий дают разрезы, проведенные поперек простирания пород.

На инженерно-геологическом разрезе более детально уточняются виды глинистых пород, особенности распространения растительных остатков, неустойчивых против физического выветривания минералов и детализируется степень выветрелости, влажности и других физико-механических свойств пород. Раскраска на разрезе должна соответствовать раскраске геологической карты согласно с общей возрастной цветной шкалой с указанием стратиграфических индексов.

Гидрогеологический разрез – это тот же геологический разрез, на котором приведены данные о подземных водах: водоносные горизонты, зеркала грунтовых вод, пьезометрические поверхности, жесткость и пр.

4.2. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Геологическая карта показывает распространение горных пород. Она строится на топографической основе и представляет собой изображение с помощью условных знаков состава, возраста и условий залегания горных пород, обнаженных на земной поверхности, возможные дислокации, их петрографический состав и физико-механические свойства (приложение 1).

На планшет с топографической основой наносят информацию геологического картирования, полученную во время маршрутных полевых наблюдений путем различных условных знаков или цветом. К ним относятся данные о названии, возрасте пород и залегании кровли и подошвы пластов.

Затем производится построение выхода геологической границы на дневную поверхность по трем точкам, в которых определены абсолютные отметки данной границы. Первоначально прослеживаются несколько сравнительно близко расположенных геологических границ по возрасту или по литологии. Дальнейшее построение производится в том же порядке путем линейной интерполяции следующих точек наблюдения. При этом следует внимательно следить за связью между геологическим строением и формами рельефа. Например, породы, устойчивые к выветриванию, залегающие между легко разрушающимися породами, часто образуют гребни, гряды, карнизы и другие выступающие формы рельефа различного размера. Чередование слоев и пачек, имеющих различную устойчивость к выветриванию, приводит к формированию ступенчатого рельефа при их пологом залегании. Если пласты пород залегают горизонтально, то на карте геологические границы будут парал-

лельны горизонталям топографической основы. При этом необходимы данные о возрасте коренных пород, о глубине залегания и границы распространения по кровле и по подошве слоев.

Например, имеются границы распространения и глубина залегания пород различного возраста: у палеогеновых пород – кровля выше 150 м, а по подошве – 140 м; у меловых пород кровля 140 м, а по подошве – 110 м; у юрских пород кровля 110 м, а по подошве – ниже 80 м. В таком случае граница между палеогеном и мелом следует провести по 140 горизонтали, а граница между мелом и юрой – по 110 горизонтали [1].

Для составления геологической карты можно использовать различные методы геологической съемки или их комбинации: 1) метод пересечений, когда маршруты проводят вкрест простирания пород или складок; 2) методы прослеживания опорных горизонтов по простиранию; 3) метод оконтуривания обнажений [32].

Примеры построения геологической карты приведены на рисунках. На рисунке 19 изображен метод геологической съемки путем пересечений, когда маршруты строятся вкрест простирания пород: слева показаны направления маршрутов I-I, II-II, III-III; справа – соответствующие этим маршрутам геологические профили.

На рисунке 20 показано составление карты путем оконтуривания обнажений (рельеф поверхности не показан).

При обычном геологическом картировании контакты различных пород или толщ разного возраста точно не отмечают. Только после изучения особенностей рельефа и при наличии углов падения пластов наносят на топооснову данного участка границы между различными породами и пластами различного возраста.

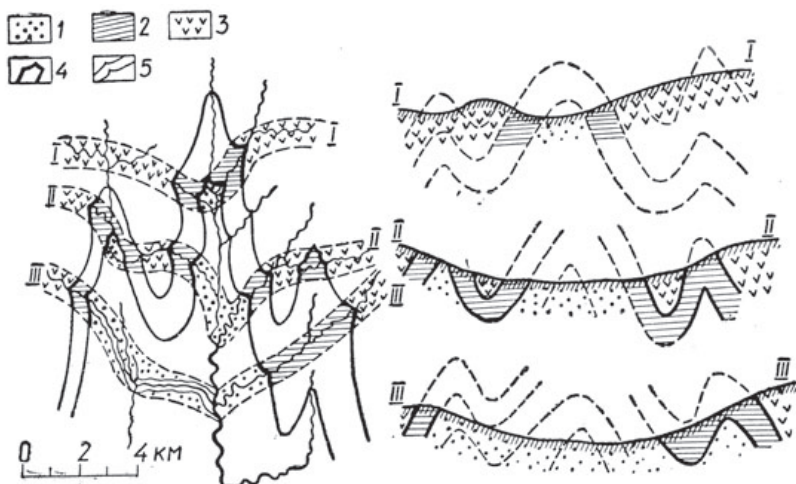


Рис. 19. Составление карты методом пересечений вкрест простирания складок: 1 – породы силурийской системы, 2 – породы ордовикской системы, 3 – породы девонской системы, 4 – границы между различными геологическими системами, 5 – предполагаемые границы

К геологической карте прилагается легенда, которая включает:

- условные знаки для обозначения пород;
- относительный возраст в цветовой гамме с буквенными обозначениями, начиная сверху с самых молодых (приложение 2, 3);
- линии тектонических нарушений (сплошная или пунктирная);
- линии контактов между геологическими формациями;
- знаки разнообразных направлений (простирание и падение напластования) и другие обозначения [44].

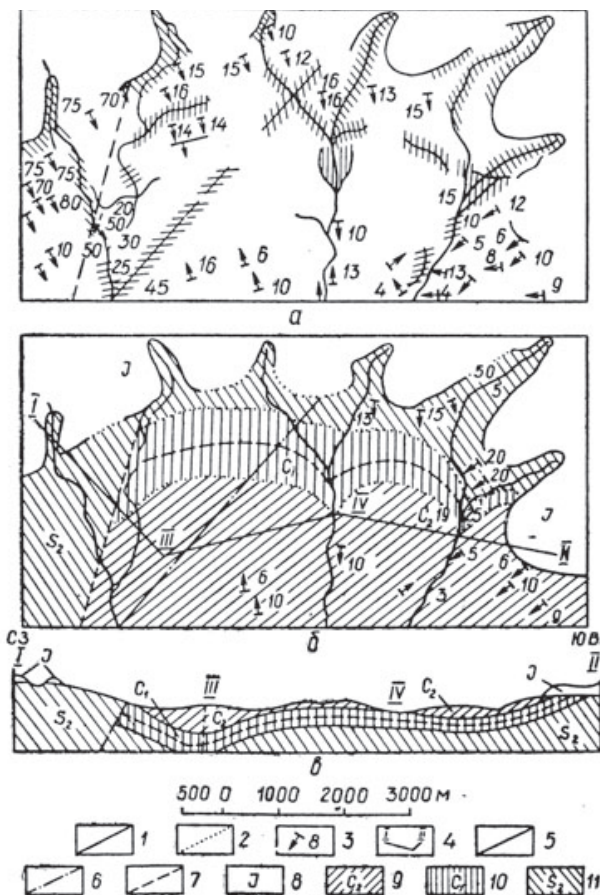


Рис. 20. Составление карты путем оконтуривания обнажений:
 а) полевая карта с обнажениями; б) геологическая карта, построенная по полевым данным; в) геологический разрез по линии I – III – IV – II;
 1 – наблюдаемые границы отложений; 2 – построенные границы отложений; 3 – элементы залегания; 4 – линия разреза; 5 – наблюдаемые разрывные нарушения; 6 – предполагаемые нарушения; 7 – опорный или маркирующий горизонт; 8 – породы юрской системы; 9 – породы средней каменноугольной системы; 10 – породы нижней каменноугольной системы; 11 – породы верхней силурийской системы

Все условные знаки и цвета наносятся на прямоугольники одинакового размера, которые размещаются в виде колонки у правого края карты. При оформлении карты необходимо озаглавить ее с годом составления, указать масштаб, ориентировку по станам света, отметить сечение горизонталей и показать географические координаты местности (по параллелям и меридианам).

4.3. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ

Колонка или разрез одиночной скважины, шурфа или обнажения показывает вертикальную последовательность осадочных образований, их литологический состав, мощность слоя, абсолютные отметки подошвы и кровли слоев, появившийся и установившийся уровень подземных вод, геологический возраст, перерывы в осадконакоплении [54].

Колонка одиночной скважины строится по данным бурового журнала (табл. 12), который заполняется непосредственно во время бурения данной скважины.

В буровом журнале по каждому слою записывается литологическое определение и геологический возраст в соответствии со стратиграфической колонкой данного района. Для каждого слоя отмечается его кровля, подошва и мощность. Кроме этого, в журнале обязательно фиксируется абсолютная отметка устья скважины и сведения о грунтовых водах.

Пример заполнения бурового журнала

Скважина геологическая 12.

Абс. отм. устья 55,75 м.

Масштаб 1:500.

Местоположение: Нижневартовский район.

Дата бурения: 20.09.2011.

Описание буровой скважины

№ слоя	Стратиграфический индекс	Литологическая характеристика	Пройдено		Мощность слоя, м	Категория пород	Сведения о грунтовых водах	
			от, м	до, м			Глубина появления воды, м	Статистический уровень воды, м
1	Q	Песок желтый, средний	0,0	0,5	0,5		0,3	0,3
2	N	Песок голубоватый, средний, водонасыщенный	0,5	5,0	4,5			
3	K	Песок голубоватый, средний с прослоями суглинка	5,0	9,0	4,0			
4	P	Суглинок голубоватый	9,0	11,0	2,0			

Построение геологической колонки по описанию буровой скважины (рисунок 21) начинают с определения вертикального масштаба и вычерчивания его в первой графе. Во второй графе отмечают мощности каждого слоя по его подошве и прочерчивается сплошная линия через все графы. Затем заполняется вся необходимая информация каждого слоя, последовательно, начиная с забоя и до подошвы пробуренной мощности.

Глубина, м	Номер слоя	Возраст пород (геологический возраст)	Мощность слоя	Абсолютная отметка подошвы слоя, м	Колонка	Абсолютные отметки уровней подземных вод, м и даты замера	Описание пород
1	2	3	4	5	6	7	8
5	1	aQ ₃	5,0	112,0		↓115,4 31.01	Суглинок бурый полутвердый
10	2	aQ ₃	8,5	103,5			Супесь желтая пластичная
15	3	aQ ₃	7,3	96,2		↓100,9 25.01	Песок средней крупности плотный
25	4	C ₁	24,6	71,6			Известняк трещиноватый закарстованный
50	5	D ₃	19,6	52,0			Аргиллит серый слабо трещиноватый
65	6	PR	2,2	49,8		↓52,0	Гранит трещиноватый выветрелый

Рис. 21. Пример построения геологической колонки по описанию буровой скважины

В колонке принятыми условными знаками обозначаются литология пород, в соответствии возрастной легенде представляется индекс, указываются все случаи несогласного залегания, определенным знаком отмечается уровень грунтовой воды и все слои обязательно нумеруются.

Для обозначения относительного возраста горных пород, вскрытых скважиной, необходимо изучить стратиграфический разрез данного участка и выявить последовательность отложений всех слоев (приложение 2, 3). При этом отмечаются возможные перерывы в осадконакоплении в тот или иной геохронологический период [57].

4.4. ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Разрезы обычно составляются по линиям через участки, наиболее важные для общей характеристики геологического строения. Длина линии должна строго отвечать длине составляемого разреза. Пример построения геологического разреза приведен на рисунке 22.

Построение разреза следует начинать с построения топографического профиля, горизонтальный масштаб которого должен соответствовать масштабу карты, а вертикальный может быть выбран иным – в зависимости от мощности слоев. Затем на втором этапе на топографический профиль наносятся в масштабе колонки горных выработок. На заключительном, третьем этапе, увязывая между собой соседние выработки, соединяют непрерывными линиями подошвы одноименных (по возрасту и литологии) слоев. Участки между выработками заштриховываются согласно принятым условным обозначениям.

Отметки уровней грунтовых вод по разным выработкам соединяют в единую линию уровня грунтовых вод. Установившиеся уровни напорных вод соединяются на гидрогеологических разрезах пьезометрической линией.

Возраст пород и их генезис показывается стратиграфическими индексами (приложение 2).

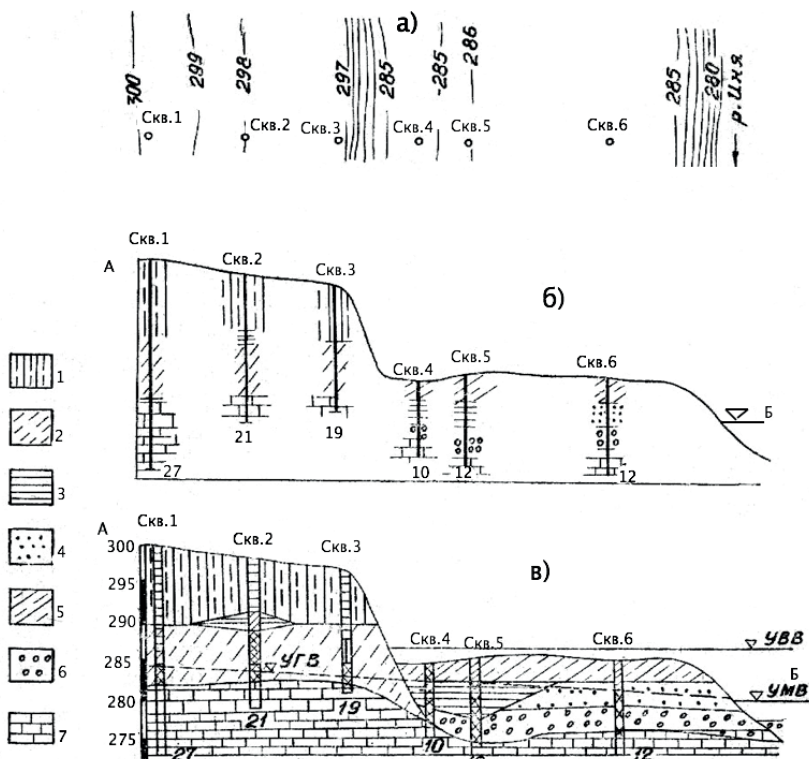


Рис. 22. Геологический разрез и его построение:

- а) топографическая основа; б) профиль рельефа с колонками скважин; в) завершённый разрез с проведенными подошвами всех слоев по линии разреза; 1 – суглинок лессовидный, 2 – супесь аллювиальная, 3 – глина, 4 – песок, 5 – суглинок аллювиальный, 6 – галечник, 7 – известняк

На примере построения геологического разреза (см. рис. 18) изображен план расположения выработок с топографической основой (рис. 18 а). По этому плану строится топографический профиль в заданном масштабе, на который наносятся выработки с вещественным составом пород (рис. 18 б). Затем проводятся границы слоев и завершается оформление геологического разреза (рис. 18 в).

4.5. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ГИДРОИЗОГИПС

Для построения карты гидроизогипс необходимо иметь план расположения горных выработок (скважин, шурфов, колодцев и т.д.) с их абсолютными отметками устьев и глубиной залегания грунтовых вод.

Гидроизогипсы представляют собой линии, соединяющие точки зеркала грунтовых вод с одинаковыми отметками. Они показывают рельеф зеркала водоносного горизонта, который чаще всего не совпадает с рельефом поверхности земли.

Линии, перпендикулярные гидроизогипсам, называются *линии тока*. Они показывают направление движения грунтового потока от более высоких к более низким отметкам.

За колебанием уровней грунтовых вод ведутся наблюдения с помощью мерных реек, хлопушек и т.д. в скважинах, шурфах, колодцах, которые располагаются в определенном порядке. Такие наблюдения могут быть суточные, сезонные, годовые и многолетние.

По результатам наблюдений строится карта гидроизогипс. Горные выработки располагают по площади распространения грунтовых вод по определенной сетке. Наибольший интерес представляют собой карты для периодов наиболее низкого и наиболее высокого положения зеркала грунтовых вод.

Построение гидроизогипс производят точно так же, как и построение горизонталей на топографической карте. Для каждой наблюдательной точки рассчитывается абсолютная отметка уровня грунтовых вод, абсолютная отметка поверхности земли и глубина залегания зеркала грунтовых вод по данным бурового журнала или документации другой горной выработки.

Глубина залегания зеркала грунтовых вод в любой точке определяется по разности абсолютных отметок поверхности земли и поверхности грунтовых вод.

Полученные отметки наносятся на топографическую основу и по ним методом интерполяции определяют точки прохождения гидроизогипс между двумя выработками. Точки с одинаковыми абсолютными отметками соединяют плавными линиями.

Анализ карты гидроизогипс позволяет определить направление движения грунтовых вод по линиям тока, которые всегда перпендикулярны к гидроизогипсам. Если линии тока параллельны между собой, то грунтовый поток плоский, если сходятся или расходятся, то поток радиальный. Грунтовый поток обычно направлен от водоразделов к областям дренирования (реки, озера, овраги и т.п.). Дренирующие участки характеризуются гидроизогипсами с минимальными абсолютными отметками, и дренажные каналы следует помещать перпендикулярно к направлению потока, т.е. параллельно гидроизогипсам.

По характеру изменения гидроизогипс и их соотношений на карте выделяются водоразделы подземных вод, которые чаще всего не совпадают с топографическими водоразделами.

Водоразделы – это участки замкнутых гидроизогипс с наивысшими отметками.

4.6. ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Принцип построения гидрогеологического разреза аналогичен построению геологического разреза, но имеет дополнительную гидрогеологическую информацию.

Гидрогеологические разрезы – это форма графической обработки и обобщения информации в вертикальной плоскости. Наиболее правильное представление о гидрогеологическом строении дают разрезы, построенные вкрест простирания гидроизогипс или вкрест простирания пород.

Гидрогеологические разрезы характеризуют условия залегания и приуроченность подземных вод к различным горным породам, а также эти разрезы показывают связь подземной воды с поверхностными водами.

Для построения разреза необходимо выполнение следующих элементов:

- топографическая карта;
- геологический и геоморфологический профили по выбранному направлению;
- геолого-литологические колонки горных выработок (скважин, шурфов, колодцев и т. д.), находящихся на линии разреза или вблизи него;
- результаты наблюдений за уровнем подземных вод в горных выработках и на гидрометрических постах;
- специализированные исследования в горных выработках, например, приток воды, условия фильтрации, характер грунтов и т.д.

Построение карт гидроизогипс и гидрогеологических разрезов проводится при инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях для строительства при проектировании промышленных и гражданских здания и сооружений, автомобильных и железных дорог и мостовых переходов, систем водоснабжения и водозаборов подземных вод.

4.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что изображено на геологических картах?
2. На какие виды подразделяются карты коренных пород?
3. Какая информация изображена на специальных картах?
4. Назовите разновидности инженерно-геологических карт.
5. Что изображает геологический разрез?
6. Расскажите порядок построения геологического разреза по фрагменту геологической карты с горизонталями?
7. Какая информация содержится в описании буровой скважины?
8. Какую информацию содержит стратиграфическая колонка?
9. Опишите методику построения инженерно-геологического разреза по карте и по описанию буровых скважин.
10. Дайте определение гидроизогипсам.
11. Какую характеристику несут карты гидроизогипс?
12. Дайте определение уровню грунтовых вод.
13. Как определяется глубина залегания УГВ?
14. Что характеризует гидрогеологический разрез?
15. Опишите методику построения карты гидроизогипс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После изучения той или иной дисциплины запоминаются, как правило, основные идеи, дающие наиболее полное представление о сущности изучаемого предмета (дисциплины). Такие идеи в области инженерной геологии можно сформулировать в виде нескольких положений.

В инженерной геологии изучение петрографических особенностей пород необходимо для выяснения степени однородности и возможной изменчивости строения, состава и свойств той или иной толщи, так как это влияет на их свойства. Изучение свойств горных пород возможно при определенной систематизации, то есть классификации их по генетическим и петрографическим признакам, а также по инженерно-геологическим свойствам (строительным качествам).

На поверхности Земли и в ее недрах постоянно протекают разнообразные геологические процессы. Некоторые из них происходят медленно и незаметно человеческому глазу, но на протяжении миллионов лет они приводят к значительным изменениям в облике Земли и ее внутреннем строении.

Экзогенные процессы протекают повсеместно, часто носят скрытый характер, но оказывают заметное влияние на инженерные сооружения, рельеф, условия строительства в городе. В некоторых случаях экзогенные процессы значительно осложняют процесс использования земель в городе (подтопление территорий, паводковые разливы рек, оползни и др.).

При строительстве после проведения изыскательских работ обязательными документами являются геологические и гидрогеологические карты и разрезы. Например, литолого-стратиграфические карты отображают литологический состав горных пород, их возраст и условия залегания. Этот вид

чаще других применяется в практике геологических исследований для строительства.

Инженерно-геологические воздействия на окружающую среду в виде карьерных разработок проявляются экзогенным техногенезом. В результате этого усиливается процесс выветривания, денудации и аккумуляции, что приводит к изменению атмосферы, гидросферы, рельефа и к геоэкологическим последствиям.

Добыча полезных ископаемых, особенно открытым способом, приводит к изъятию из хозяйственного оборота большого количества земель. Поэтому восстановление поверхности земли является одной из самых актуальных задач охраны окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анистратов, Ю.И. Карьерное поле / Ю.И. Анистратов // Горная энциклопедия. Т. 2 – М.: Советская энциклопедия, 1986. – С. 565.
2. Ананьев, В.П. Инженерная геология: Учеб. для строит. спец. вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высш. шк., 2005. – 575 с.
3. Атлас земель Самарской области / Гл. ред. Л.Н. Порошина. – Самара: Российский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт земельных ресурсов, 2002. – 99 с.
4. Аширов, К.Б. Проблемы мусора – острейшая проблема экологии / К.Б. Аширов, Т.М. Боргест // Экологическая безопасность городов: проблемы и решения на муниципальном уровне: Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. Т.Г. Стрельниковой. – Самара: Изд-во Экологический фонд города Самары, 2000. – С. 51-52.
5. Баранова, М.Н. Геологическая экскурсия в пос. Кашпирский Самарской области / М.Н. Баранова // Экскурсии в геологию. Т. 3; под ред. Е.М. Нестерова. – СПб: Изд-во «Эпиграф», 2005. – С. 114-120.
6. Баранова, М.Н. Инженерная геология Самарской области: Конспект лекций / М.Н. Баранова. – Самара: СГАСУ, 2007. – 27 с.
7. Баранова, М.Н. Геологические объекты на территории г.о. Самара, изучаемые в рамках учебной практики студентов направления 21.03.02. Землеустройство и кадастр / М.Н. Баранова, Л.В. Аверина, Д.И. Васильева // Россия-Казахстан: приграничное сотрудничество, музейно-ту-

- ристический потенциал, проекты и маршруты к событиям мирового уровня: сборник статей. – 2016. – С. 72.
8. Баранова, М.Н. Геолого-геоморфологическое районирование на территории Самары / М.Н. Баранова, Д.И. Васильева // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей / под ред. М.И. Бальзанникова [и др.]. – Самара: СГАСУ, 2016. – С. 189-193.
 9. Баранова, М.Н. Проблемы экологической безопасности при строительстве на лессовых грунтах в береговой зоне водохранилищ / М.Н. Баранова, Д.И. Васильева // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2017. – № 2-1. – С. 26-32.
 10. Баранова, М.Н. Восстановление нарушенных земель на примере рекультивации карьерных разработок в Самарской области / М.Н. Баранова, Д.И. Васильева // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей / Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2017. – С. 284-288.
 11. Баранова, М.Н. Влияние крупных равнинных водохранилищ на геотехническое состояние лёссовых грунтов / М.Н. Баранова, А.В. Мальцев, Д.И. Васильева // Градостроительство и архитектура. – 2017. – Т. 7. – № 2 (27). – С. 9-14.
 12. Боженков, П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология / П.И. Боженков. – М.: Изд-во АСВ, 1994. – 267 с.
 13. Борзунов, В.М. Поиски и разведка месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов / В.М. Борзунов [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1977. – 248 с.
 14. Бухман, Л.М. Геологический разрез Яблоневого Оврага как уникальный геологический объект России: пути со-

- хранения и эффективного использования / Л.М. Бухман, С.Н. Бухман // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и техносферная безопасность: сборник статей / Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2017. – С. 82-86.
15. Бухман, Л.М. Геологическая история образования отложений, геохронология и полезные ископаемые Самарской области: учебное пособие / Л.М. Бухман, М.Н. Баранова. – Самара: СГАСУ, 2016. – 94 с.
 16. Васильева, Д.И. Природные ресурсы Самарской области / Д.И. Васильева, М.Н. Баранова. – Самара: Изд-во «Самарский муниципальный институт управления», 2009. – 49 с.
 17. Васильева, Д.И. Геологическое строение и почвенной покров территории г.о. Самара / Д.И. Васильева и др. – Самара: Изд-во «Самарский муниципальный институт управления», 2011. – 167 с.
 18. Васильева, Д.И. Геологическое и геоморфологическое районирование территории г.о. Самара / Д.И. Васильева, М.Н. Баранова. – Саарбрюккен: Изд-во «Ламберт», 2015. – 76 с.
 19. Васильева, Д.И. Мониторинг геологических процессов береговой зоны Саратовского водохранилища (на примере Загородного парка Самары) / Д.И. Васильева, М.Н. Баранова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей / Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2017. – С. 289-293.
 20. Васильева, Д.И. Влияние карьерных разработок на геологическое состояние территории (на примере Водинского месторождения серы в Самарской области) / Д.И. Васильева и др. // Экология урбанизированных территорий. – 2016. – № 3. – С. 77-83.

21. Васильева, Д.И. Накопленный экологический ущерб и состояние земель Самарской области / Д.И. Васильева, А.Г. Власов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре [71-й Всероссийская научно-техническая конференция: материалы]. – Самара: СГАСУ, 2014. – С. 883-889.
22. Васильева, Д.И. Почвоведение и инженерная геология: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 21.03.02 – Землеустройство и кадастры / Д.И. Васильева, А.Г. Власов. – Самара, 2015. – 396 с.
23. Васильева, Д.И. Проблемы повышения лесистости территории Самарской области / Д.И. Васильева, А.Г. Власов // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2016. – № 1-2. – С. 44-49.
24. Войлошников, В.Д. Полевая практика по геологии / В.Д. Войлошников. – М.: Просвещение, 1977. – С. 76-77.
25. Воронин, В.В. Экологическое состояние и качество земель Самарской области / В.В. Воронин и др. // Экология урбанизированных территорий. – № 4. – 2013. – С. 76-86, 107.
26. Габдуллин, Р.Р. Прикладная стратиграфия в инженерной и экологической геологии: учеб. пособие / Р.Р. Габдуллин, А.В. Иванов. – М.: Издательство Московского университета, 2013. – 276 с.
27. Газизов, М.С. Карьерные воды. Горная энциклопедия. Т. 2 / М.С. Газизов, В.И. Костенко. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – С. 566.
28. Географическое краеведение Самарской области: Учебное пособие для студентов и учителей. – В 2-х ч. Ч. 1. История и природа / Под ред. М.Н. Барановой. – Самара: Изд-во СГПУ, 2009. – 106 с.

29. Гальперин, А.М. Геология. Часть IV. Инженерная геология / А.М. Гальперин, В.С. Зайцев. – М.: Издательство «Горная книга», 2011. – 559 с. – Электр. изд. – УМО. – ISBN 978-5-98672-158-3 <http://ibooks.ru/product.php?productid=26480>
30. Гледко, Ю.А. Гидрогеология / Ю.А. Гледко. – Минск: Вышэйшая школа, 2012 г. – 446 с. – Электр. изд. – МО. – ISBN 978-985-06-2126-9 <http://ibooks.ru/product.php?productid=28214>
31. Горное дело и окружающая среда: Учебник.– М.: Логос, 2001. – 272 с.
32. Дегтярева, Г.С. Практические занятия по геологии / Г.С. Дегтярева. – М.: Учпедгиз, 1963. – С. 26-27.
33. Какутина, О.М. Исследование инженерно-геологических условий территории строительства в Клявлинском районе Самарской области / О.М. Какутина // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Сб.ст. – Самара: СГАСУ, 2015. – С. 252-257.
34. Классификации запасов твердых полезных ископаемых. Утверждена Приказом Министерства природных ресурсов РФ от 11.12.2006 г. №278. <http://docs.cntd.ru/document/902021575> (режим доступа – свободный, дата 15.12.2017).
35. Короновский, Н.В. Наша планета Земля [Текст] / Н.В. Короновский. – М.: Издательство «Весь Мир», 2002. – 224 с.
36. Короновский Н.В. Основы геологии: Учеб. для географ. спец. вузов / Н.В. Короновский, А.Ф. Якушева. – М.: Высш.шк., 1991. – 416 с.
37. Макарова, Ю.В. Особенности формирования растительного покрова карбонатных карьеров, выведенных из эксплуатации / Ю.В. Макарова и др. // Матер.V Междунар.

- науч.-практ. конф. «Экологический мониторинг и биоразнообразии», май 2013 г.: – Ишим, 2013. – № 1. – С. 28-30.
38. Мальцев, А.В. Актуальные задачи геотехнического мониторинга системы «сооружение-основание» / А.В. Мальцев, Я.А. Чижкова, И.А. Атлашова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей / под ред. М.И. Бальзаникова [и др.]; СГАСУ. – Самара, 2016. – С. 211-215.
39. Мильков, Ф.Н. Лесостепь русской равнины. Опыт ландшафтной характеристики / Ф.Н. Мильков. – М.: АН СССР, 1950. — 296 с.
40. Мильков, Ф.Н. Среднее Поволжье / Ф.Н. Мильков. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 262 с.
41. Минерально-сырьевая база Самарской области: состояние и перспективы развития [Текст] / под ред. Г.Р. Хасаева и др. – Самара: Издательский дом «Агни», 2006. – 216 с.
42. Никитин, Е.А. Плейстоценовые отложения и образование рельефа Самарской области / Е.А. Никитин. – Самара: Полиграфическая база ЦНИГРИ, 2002. – 120 с.
43. Неметаллические полезные ископаемые СССР. Справочное пособие / Под ред. В.П. Петрова. – М.: Недра, 1984. – 407 с.
44. Никитенко, Ф.А. Учебное пособие к лабораторным занятиям по курсу инженерной геологии / Ф.А. Никитенко. – Новосибирск: НИИЖТ, 1980. – С.66-67.
45. Обедиентова, Г.В. Происхождение Жигулёвской возвышенности и развитие её рельефа / Г.В. Обедиентова // Мат-лы по геоморфол. и палеогеограф. СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 53. – 248 с.
46. Обедиентова Г.Ф. Новейшие тектонические движения и геоморфологические условия Среднего Поволжья /

- Г.В. Обедиентова // Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР. – М.: Тр. ин-та географии, 1957. – Т. 72. – С. 9-46.
47. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Куйбышевской области масштаба 1 : 1 000 000. [Текст] / Мингео РСФСР, Геолфонд РСФСР. – М., 1982. – Официальный сайт ООО «Чапаевский силикатный завод»: <http://www.chcz.ru>
48. Отрешко, А.И. Особенности карста междуречья притоков Волги Сока и Самары / А.И. Отрешко // Известия ВГО. – 1962. – Т. 94. Вып. 4. – С. 329 – 330.
49. Отрешко, А.И. Некоторые особенности поверхностного и глубинного карста Куйбышевского Заволжья / А.И. Отрешко // Известия ВГО. – 1965. – Т. 97. Вып. 3. – С. 283, 287, 134.
50. Отрешко, А.И. К вопросу о связи глубинного карста в верхнепалеозойских отложениях Куйбышевского Заволжья с новейшими движениями земной коры / А.И. Отрешко // Материалы по геоморфол. и новейшей тектонике Урала и Поволжья. – Уфа, 1968. Сб. 2. – С. 170 – 172.
51. Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые), утверждённое Распоряжением Министерства природных ресурсов РФ от 05.07.1999 г. № 83-р. <http://docs.cntd.ru/document/902349871> (режим доступа – свободный, дата 15.12.2017).
52. Прозоровский В.А. Общая стратиграфия [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. / В.А. Прозоровский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 208 с.
53. Прохорова Н.В. Эколого-геохимическая оценка процесса первичного почвообразования в неэксплуатируемых

- карбонатных карьерах / Н.В. Прохорова, М.В. Самыкина, А.А. Головлёв // Вестник Тамбовского государственного университета. – 2014. – Т. 19. Вып. 5. – С. 1717-1720.
54. Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых / В.И. Смирнов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: «Недра», 1976. – 688 с.
55. Старостин В.И. Геология полезных ископаемых: Учебник для высшей школы / В. И. Старостин, П.А. Игнатов. – М.: Академический проект, 2004. – 512 с.
56. Поленов, Ю.А. Основы геологии: курс лекций / Ю.А. Поленов. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2008. – 272 с.
57. Шванов, В.Н. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов [Текст] / В.Н. Шванов и др. – СПб: Недра, 1998. – 352 с.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

- А -

АБРАЗИЯ – процесс механического разрушения волнами и течениями коренных пород.

АЛЛЮВИЙ, АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – отложения, сформировавшиеся постоянными водными потоками в речных долинах (речные отложения). Образуется А. из обломочного материала (элювий, пролювий, коллювий), снесенного со склонов в реку, и продуктов боковой и донной эрозии, частично или полностью окатанных и отсортированных в процессе транспортировки.

- Б -

БАЗИС ДЕНУДАЦИИ – подошва склона, с которого процессами денудации сносятся вниз продукты выветривания.

БАЗИС ЭРОЗИИ – поверхность, на уровне которой водный поток уже не обладает силой, достаточной для разрушения пород и углубления своего русла. Для рек, впадающих в море или озеро, базисом эрозии является их уровень.

БАЛКА – эрозионная сухая или с временным водотоком ложбина, с пологими склонами, покрытыми плащом делювия и растительностью, и открытая в сторону общего уклона местности.

БИОТА – 1) исторически сформированный комплекс живых организмов, обитающих на данной значительной территории или в акватории; 2) биологическая (живая или неживая) составляющая грунтов.

- В -

ВЕРХОВОДКА – временное скопление подземных вод в зоне аэрации на водонепроницаемых или слабо проницаемых породах, залегающих в виде небольших линз и прослоев.

ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ – слой или несколько слоев водопроницаемых г. п., поры, трещины и другие пустоты которых заполнены подземными водами. Несколько В. г., гидравлически связанных между собой, образуют водоносный комплекс.

ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД – свойства горных пород по отношению к воде: влагоемкость, водопроницаемость, влажность, водоотдача.

ВОДНО-ЛЕДНИКОВЫЕ (ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫЕ) ОТЛОЖЕНИЯ – отложения талых ледниковых вод.

ВОДОЗАБОРЫ – устройства (скважины, колодцы, галереи), предназначенные для забора подземных вод в водопроизводные, оросительные и др. системы.

ВОДРАЗДЕЛ – пространства, разделяющие речные системы.

ВОДОСБОРНЫЙ БАССЕЙН – площадь, с которой поверхностные воды стекают в данную реку, озеро, море.

ВОДОУПОРНЫЕ ПОРОДЫ – породы, практически не пропускающие через себя воду.

ВОЗРАСТ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АБСОЛЮТНЫЙ – время, прошедшее от какого-либо геологического события до современной эпохи, исчисляемое млн и тыс. лет.

ВОЗРАСТ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ – время какого-либо события в истории Земли по отношению ко времени другого геологического события. Устанавливается по организмам (фауны и флоры), находимым в горных породах (палеонтологический метод) и по взаиморасположению пород (стратиграфический метод).

ВОРОНКА ДЕПРЕССИИ – воронка, образующаяся вокруг водозабора при откачке из него воды.

ВУЛКАНИЗМ – геологический процесс, обусловленный деятельностью магмы на поверхности Земли.

ВЫВЕТРИВАНИЕ – совокупность процессов разрушения г. п., изменения из химического и минерального состава (в условиях земной поверхности или на относительно небольших глубинах) в результате внешних воздействий (разность температур, разность давлений, солнечная радиация, атмосферные осадки, подземные воды, жизнедеятельность живых организмов и др.). Различают физическое (механическое), химическое и биохимическое В. См. Элювий.

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ – процесс растворения и выноса подземными водами какой-либо составной части горной породы.

- Г -

ГЕНЕЗИС – происхождение, возникновение, условия образования и последующего развития, в том числе минералов, г. п., геологических процессов и явлений.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА – международная шкала, показывающая последовательность, соподчиненность и длительность основных этапов геологической истории Земли. В Г. ш. геологическое время существования литосферы разделяется на эры, периоды, эпохи и века (геохронологические подразделения), а толщи г. п., образовавшиеся в течение этих геологических промежутков времени, получили соответственно названия группа, система, отдел, ярус (стратиграфические подразделения).

ГЕОХРОНОЛОГИЯ (геологическое летоисчисление) – учение о хронологической последовательности формирования и возрасте г. п., слагающих земную кору. Различают абсолютный и относительный возраст г. п.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ – естественные соединения (ассоциации) и скопления минералов, возникшие в земной коре или на ее поверхности в результате затвердевания природных силикатных расплавов (магма, лава), накопления осадков или

преобразования ранее существовавших Г. п. Каждая Г. п. обладает более или менее постоянным минеральным составом, структурой и текстурой. См. Классификация горных пород.

- Д -

ДЕЛЮВИЙ – сокращенное название делювиальных отложений, образующихся в результате накопления на склонах и у подножий возвышенностей продуктов выветривания г. п., смытых с вышележащих участков дождевыми или талыми водами.

ДЕТРИТ – 1) органогенный мелкий обломочный материал осадочных г. п., состоящий из обломков раковин, скелетных частей животных, обрывков тканей растений. Д. может являться породообразующим материалом, напр., детритусовые известняки; 2) мелкие частицы органического или частично минерализованного веществ, взвешенные в толще воды или осевшие на дно водоема. Образуется из отмерших растений, животных, бывших продуктов их жизнедеятельности.

ДИАТОМЕИ – диатомовые водоросли: микроскопические желтоватые водоросли, наружная оболочка которых состоит из двух кремневых половинок (отсюда название). Ископаемые д. образуют отложения диатомитов.

- Ж -

ЖЕЛВАКИ – округлые карбонатные стяжения, образованные животными или водорослями.

- З -

ЗАПАСЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ – количество минерального сырья данного вида в недрах Земли или на ее поверхности, определяемое по данным геологической разведки в весовом или объемном исчислении. З. п. и. подразделяют на

балансовые (разработка месторождений экономически целесообразна) и забалансовые (разработка месторождений в данное время экономически или технически нецелесообразна). По степени разведанности и изученности З. п. и. классифицируют аналогично запасам подземных вод.

- К -

КАРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ – графическая модель верхней части литосферы, отображающая на плоскости в уменьшенном масштабе ее пространственную структуру, состав, возраст. По содержанию подразделяются на стратиграфические (указан возраст пород индексами или цветом) и литолого-стратиграфические (дополнительно штриховкой показан состав пород); по масштабу подразделяются на обзорные, мелко-, средне-, крупномасштабные.

- Л -

ЛЕГЕНДА КАРТЫ – свод условных знаков и пояснений к карте, раскрывающих ее содержание.

- М -

МЕЛ – 1) сокращенное название меловой системы и периода. См. Геохронологическая шкала; 2) горная органогенная порода.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ – природные скопления минеральных веществ (полезных ископаемых), в том числе подземных вод, пригодных по количеству, качеству и условиям залегания для промышленной разработки.

МИНЕРАЛЫ – природные химические соединения или самородные элементы, образовавшиеся в результате естественных физико-химических процессов в земной коре, на поверхности Земли или прилегающих к ней оболочках; составная часть любых г. п.

МОРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ – осадочные и вулканогенно-осадочные г. п., образовавшиеся на дне морей и океанов (глины, известняки-ракушечники, доломиты, песчаники и др.). Отложения, образующиеся в современных морях и океанах, еще не превратившиеся в г. п., носят название морских осадков.

- Н -

НЕОТЕКТОНИКА – раздел тектоники, изучающий тектонические процессы, проявившиеся в кайнозойскую эру (главным образом с конца неогена) и обусловившие основные черты современного рельефа. Син. – новейшая тектоника.

- О -

ОБНАЖЕНИЕ – выход на земную поверхность г. п., залегающих ниже поверхностных слоев. О. могут быть естественными (например, эрозионные речные врезы) и искусственные (в карьерах, туннелях, котлованах).

ОБРАЗЕЦ – кусок г. п. (минерала) или окаменевших остатков организмов, взятый для лабораторного изучения изображения или горной выработки.

ОВРАГ – глубокий крутосклонный размыв, часто сильно разветвленный, образованный деятельностью временного водотока.

ОКАМЕНЕЛОСТИ – ископаемые остатки растений и животных прошлых геологических эпох или следы их жизнедеятельности, сохранившиеся в осадочных г. п. По О. определяют относительный возраст тех г. п., в которых они обнаружены.

ОТЛОЖЕНИЯ МОРСКИЕ – образуются в водоемах различной величины – от внутриконтинентальных озер, приближающихся по размерам к морям, до океанов. По глубине образования О. м. делятся на литоральные (прибрежно-морские), неритовые (мелководноморские), шельфовые, батималь-

ные (гемипелагические, глубоководноморские) и абиссальные (отложения открытого океана, осадки пелагические); абиссальные в ископаемом состоянии встречаются редко.

- П -

ПАЛЕОГЕН – сокращенное название палеогеновой системы и периода, самых древних в кайнозойской группе и эре. См. Геохронологическая шкала.

ПАЛЕОЗОЙ – сокращенное название палеозойской группы и эры. В отложениях П. встречаются ископаемые остатки самой древней фауны и флоры.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД – метод определения относительного возраста осадочных г. п. по сохранившимся в них ископаемым остаткам растений (флоры) и животных (фауны).

ПЕРИОД – единица второго порядка единой геохронологической шкалы, часть эры; отрезок геологического времени, в течение которого образовались г. п., составляющие геологическую систему. См. Геохронологическая шкала.

ПЕРМЬ [по названию г. Пермь, РФ] – сокращенное название пермской системы и периода. См. Геохронологическая шкала.

ПЛАСТ – геологическое тело, сложенное осадочными или метаморфическими г. п., имеющее плоскую форму (мощность во много раз меньше площади его распространения), две близкие к параллельным поверхности напластования (подошва и кровля), примерно однородный состав.

ПЛЕЙСТОЦЕН [характеризуется появлением относительно большого количества новых форм жизни] – нижний отдел, соответствующий наиболее длительной эпохе четвертичного периода. Включает нижне-, средне- и верхнечетвертичные отложения. Характеризуется общим похолоданием климата Земли и периодическим возникновением в средних широтах обширных материковых оледенений.

ПОЛЕЗНОЕ ИСКОПАЕМОЕ – минеральное образование в литосфере, которое может быть использовано человеком в хозяйственной деятельности. К П. и. относятся г. п. (как строительные материалы), различные руды, из которых извлекают элементы (в том числе металлы и промышленные минералы) и минералы (например, алмаз, асбест и др.). Выделяют твердые, жидкие и газообразные П. и.

ПРОЛЮВИЙ, ПРОЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ [лат. proluo – выношу течением] – продукты разрушения г. п., выносимые временными водными потоками (сели и др.) к подножию возвышенности или на пологие участки склонов и межгорных равнин. П. слагает конусы выноса и образует при их слиянии пролювиальные шлейфы.

ПРОСТИРАНИЕ – направление горизонтальной линии на поверхности геологического тела (слоя, жилы и т. п.). См. Падение.

ПРОТЕРОЗОЙ – верхнее подразделение докембрия, позже архея, сокращенное название протерозойской группы и эры. См. Геохронологическая шкала.

- Р -

РАКОВИНА – наружный, реже внутренний скелет многих беспозвоночных (фораминиферы, брахиоподы, моллюски, раковинные амебы, плеченогие); состоит из одной или двух, реже нескольких частей, называемых створками. Из скоплений Р. образованы многие осадочные г. п.

РЕГРЕССИЯ МОРЯ – медленное отступление моря от берегов, вызванное поднятием суши, опусканием морского дна или уменьшением воды в бассейне. См. Трансгрессия.

РИФЕЙ [лат. Riphaei – Рифейские горы, древнее название Уральских гор] – крупное стратиграфическое подразделение протерозойской эры. См. Геохронологическая шкала.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ – обобщенное наименование руководящей фауны и флоры.

РУКОВОДЯЩАЯ ФАУНА – остатки вымерших животных организмов (окаменелость), наиболее типичные для осадочных толщ определенного геологического возраста.

РУКОВОДЯЩАЯ ФЛОРА – остатки вымерших растительных организмов (окаменелости), характерные для осадочных толщ определенного геологического возраста.

- С -

СВИТА – основная единица местных стратиграфических подразделений, выделяемая по литологическим признакам.

СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ – процесс накопления первичного осадка на дне водоемов, водотоков или на суше; стадия литогенеза от момента оседания частиц до начала преобразования их в г. п. (диагенез). Син. – осадкообразование.

СЕРИЯ – крупная единица местных (региональных) стратиграфических подразделений, включающая мощные и сложно построенные толщи осадочных, вулканических или метаморфических образований. Подразделяется на свиты и имеет собственное географическое название.

СИЛУР [силуры – название кельтского племени, обитавшего в Уэльсе во времена Римской империи] – сокращенное название силурийской системы и периода. См. Геохронологическая шкала.

СИСТЕМА – единица второго порядка общей стратиграфической шкалы; отвечающая естественному этапу в развитии земной коры и органического мира. Соответствует по времени периоду.

СЛОЙ – геологическое тело плоской формы, сложенное одновозрастными, однородными по составу, строению, цвету и другим признакам осадочными г. п. С. ограничен двумя

примерно параллельными поверхностями, сверху – кровлей, снизу – подошвой.

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА – графическое изображение возрастной последовательности напластования г. п. какой-либо территории в нормальном стратиграфическом разрезе и характера контактов между смежными стратиграфическими подразделениями. На С. к. относительный возраст г. п. обозначается индексами или цветом (см. Геохронологическая шкала), состав пород – штриховкой и описанием, мощность – масштабом колонки или цифрой, перерыв в осадконакоплении – волнистой чертой, иногда абсолютный возраст – цифрами (в млн лет). Обычно С. к. является составной частью геологических карт. См. Стратиграфия.

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА – шкала, показывающая последовательность и соподчиненность стратиграфических подразделений г. п., слагающих земную кору; отражает этапы исторического развития земной коры или ее отдельных участков (см. Геохронологическая шкала).

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД – метод определения относительного возраста г. п. путем изучения взаимоотношения слоев друг с другом, установление последовательности их образования, сравнения полученных результатов со стратиграфической шкалой.

СТРАТИГРАФИЯ – геологическая дисциплина, изучающая последовательность формирования геологических тел и их первичные пространственные взаимоотношения.

СТРАТОНЫ – стратиграфические единицы и подразделения.

СТРАТОТИП – конкретный разрез отложений одного обнажения и (или) нескольких близко расположенных какой-либо стратиграфической единицы (яруса, горизонта или

местного подразделения свиты и др.), который исследователем, впервые выделившим эту единицу, указывается и описывается в качестве ее типового разреза. Служит эталоном для последующего сравнения с соответствующими по геол. возрасту отл. др. р-нов. Пока С. остается доступным для изучения и сравнения, он не может быть заменен в качестве нового С. каким-либо другим разрезом.

- Т -

ТАКСОНЫ, ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ – соподчиненная группа объектов в какой-либо классификации. Например, класс, группа, подгруппа, тип, вид, разновидности и классификации грунтов (ГОСТ 25100–95). Син. – систематические единицы.

ТОЛЩА – группа слоев или других образований г. п., характеризующаяся общностью одного или нескольких признаков (возраст, состав, водоносность, происхождение и др.).

ТРАНСГРЕССИЯ – наступление моря на сушу, вызванное опусканием последней, подъемом дна или увеличением объема воды в бассейне. См.: Регрессия.

ТРИАС – сокращенное название триасовой системы (периода). См. Геохронологическая шкала.

- Ф -

ФАНЕРОЗОЙ – совокупность палеозойской, мезозойской и кайнозойской групп (эр.). Отложения Ф. охарактеризованы достоверными органическими остатками.

ФАУНА [лат. Fauna – в римской мифологии богиня полей, лесов и стад] – 1) в геологии комплекс остатков ископаемых животных, заключенных в образе г. п. или собранных в обнажении, горной выработке; 2) совокупность видов животных, обитающих на определенной территории, сложившаяся эво-

люционным путем.

ФАЦИЯ – 1) г. п. или осадок, возникающие в определенной физико-географической, тектонической и т. д. обстановке (например, морская Ф., континентальная Ф.); 2) физико-географические условия осадконакопления со всеми особенностями среды.

ФЛОРА [лат. Flora – в древнеримской мифологии богиня цветов и весны] – исторически сложившаяся совокупность видов растений, населяющих или населявших какую-либо территорию в различные геологические эпохи.

ФОРАМИНИФЕРЫ – одноклеточные животные, преимущественно микроскопические (хотя наиболее крупные – до 10 см), заключенные в палочкообразные или спирально-завитые раковины из известкового, реже кремнистого вещества или из песчинок и минеральных обломков, сцементированных органическим цементом. Ф. образуют основную массу современных органических илов, встречаются в г. п., начиная с кембрийского периода. Играть большую роль в стратиграфии и как руководящая фауна.

- Ч -

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА – верхняя система кайнозойской группы. См. Геохронологическая шкала.

ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПЕРИОД – последний период в геологической истории Земли, продолжающийся и поныне; подразделяется на плейстоцен и голоцен. В течение Ч. п. рельеф, климат, животный и растительный мир приняли современный облик. Син. – антропогенный период; квартал (термин употребляется редко).

- Ш -

ШАХТА в геологии – вертикальная или наклонная горная выработка большого поперечного сечения (2х3 м, 3х4 м).

ШТОЛЬНЯ – горизонтальная или наклонная подземная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность. Наиболее эффективна на участках с расчлененным рельефом.

- Э -

ЭЛЮВИЙ, ЭЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – продукты выветривания г. п., оставшиеся на месте их образования.

ЭОН – геохронологическое подразделение, объединяющее несколько эр. Например, фанерозой.

ЭНОТЕМА – наиболее крупное подразделение стратиграфической шкалы, отвечающее длительному этапу развития Земли – эону.

ЭОЦЕН [название связано с верным массовым появлением в э. новых форм животного мира – млекопитающих] – сокращенное название среднего отдела (эпохи) палеогена. См. Геохронологическая шкала.

ЭПОХА – единица геохронологической шкалы, соответствующая времени образования отложений отдела; часть геологического периода.

ЭРА – наибольшая единица геохронологической шкалы, которая отвечает крупному этапу в геологической истории Земли; соответствует промежутку времени, в течение которого образовались г. п., составляющие группу.

ЭРАТЕМА – син, термина группа: введен относительно недавно. См. Геохронологическая шкала.

ЭРОЗИЯ – разрушение горных пород и почв поверхностными водными потоками и ветром, включающее в себя отрыв и вынос обломков материала и сопровождающееся их отложением.

- Ю -

ЮРА [Jura – горы во Франции и Швейцарии] – сокращенное название юрской системы и периода. См. Геохронологическая шкала.

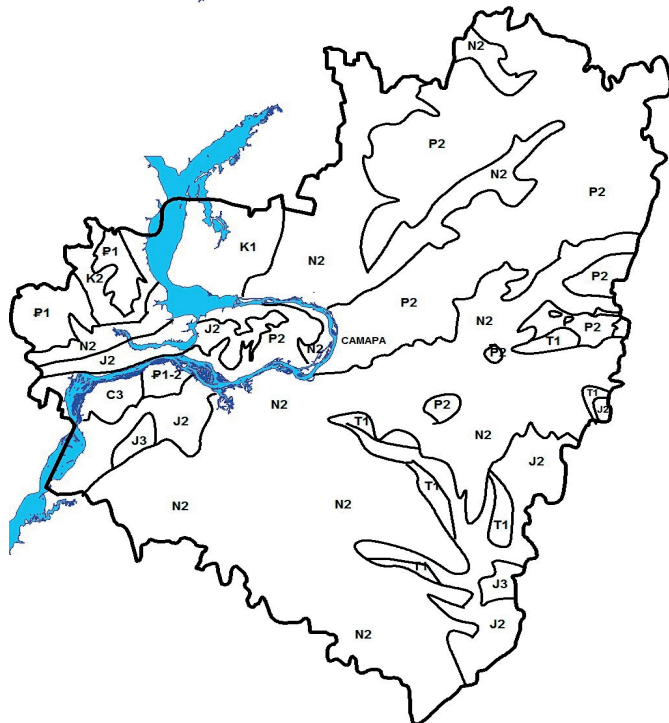
- Я -

ЯРУС – подразделение общей стратиграфической шкалы, объединяющее отложения, образовавшиеся в течение одного геологического века. Представляют часть отдела. См. Геохронологическая шкала.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ



Условные обозначения: N₁ – неоген нижний (миоцен);
N₂ – неоген верхний (плиоцен); P₁ – палеоген нижний (палеоцен);
P₁₋₂ – палеоген верхний и нижний; K₁ – мел нижний; K₂ – мел верхний;
J₁ – юра нижняя; J₂ – юра средняя; J₃ – юра верхняя; T₁ – триас нижний;
T₂ – триас средний; T₃ – триас верхний; P₁ – пермь нижняя; P₂ – пермь
верхняя; C₃ – карбон верхний.

Серым цветом изображено русло реки Волги

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СВОДНЫЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ОТЛОЖЕНИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Система	Отдел	Индекс	Возраст, млн лет
Четвертичная	современный	aQ _{IV}	до 0,001
	Верхний (хвалынский ярус)	aQ _{III}	до 0,12
	Средний (хазарский ярус)	aQ _{II}	до 0,78
	Нижний (бакинский ярус)	aQ _I	до 1,8
Неогеновая	плиоцен	N ₂	до 5
	миоцен	N ₁	до 23
Палеогеновая	средний (эоцен)	P ₂	до 55
	нижний (палеоцен)	P ₁	до 65
Меловая	верхний	K ₂	до 95
	нижний	K ₁	до 145
Юрская	верхний	J ₃	до 160
	средний	J ₂	до 175
Триасовая	нижний	T ₁	до 250
Пермская	верхний	P ₂	до 270
	нижний	P ₁	до 300
Каменноуголь- ная	верхний и средний	C ₂₋₃	до 318
	нижний	C ₁	до 360
Девонская	верхний	D ₃	до 380
	средний	D ₂	до 400
Архей		Ar	до 3600

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ (ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ) ШКАЛА ФАНОРОЗОЯ

эпоха / эра	эратема (эра)	система (период)	отдел / подотдел (эпоха)	ярус (век)	
Фанерозой	кайнозойская KZ	Четвертичная Q <small>название предложил Жюль Денуайе (1829)</small> 1,8	Голоцен Q _h 0,01		
			Плейстоцен Q _p	Неоплейстоцен Q _o	
		Неогеновая N <small>название предложил Морис Харрис (1853)</small> 23±1		Миоцен N ₁ 5,2	Верхний N ₁ ¹
			Средний N ₁ ²		Пьяченцкий N _{1pia}
			Нижний N ₁ ³		Занкский N _{1zan}
		Палеогеновая P <small>название предложил Карл Паулини (1866)</small> 65	Олигоцен P ₃ 9,4	Верхний P ₃ ¹	Хаттский P _{3h}
				Нижний P ₃ ²	Риопельский P _{3r}
			Эоцен P ₂ 5,5	Верхний P ₂ ¹	Приабисский P _{2p}
				Средний P ₂ ²	Бартонский P _{2b}
			Палеоцен P ₁ 5,5	Нижний P ₁ ¹	Лютетский P _{1l}
	Верхний P ₁ ²			Ипрский P _{1i}	
	мезозойская MZ	Меловая K <small>выделен Жан Огюстус д'Артуа (1822) Парижский бассейн</small> 145±3	Верхний K ₂ 97	Маастрихтский K _{2m}	
				Кампанский K _{2km}	
		Юрская J <small>выделен Александр Бромар (1829) Юрские горы (Швейцария и Франция)</small> 200±1	Нижний J ₁ 170	Сангонский K _{2st}	
				Коньякский K _{2k}	
Триасовая T <small>выделен Фридрих Альберт (1834) Южная Германия</small> 251±3		Верхний T ₃	Туронский K _{2t}		
			Сеноманский K _{2s}		
			Верхний J ₃ 157	Титонский J _{3tt}	
Средний J ₂ 170		Киммериджийский J _{3km}			
	Оксфордский J _{3o}				
Нижний J ₁ 170	Келловейский J _{2k}				
	Байосский J _{2b}				
Верхний T ₃	Ааленский J _{2a}				
	Средний T ₂	Тоярский T _{1t}			
Нижний T ₁	Плинсбахский J _{2p}				
	Синеморский J _{2s}				
Татарский P ₁	Геттангский J _{2g}				
	Верхний T ₃	Рэтский T _{3r}			
	Средний T ₂	Норийский T _{2n}			
	Нижний T ₁	Карнийский T _{2k}			
	Верхний T ₃	Ладинский T _{1l}			
	Средний T ₂	Анзийский T _{1a}			
	Нижний T ₁	Оленекский T _{1o}			
	Татарский P ₁	Индский T _{1i}			
	Верхний T ₃	Вятский P _{1v}			
	Средний T ₂	Сарматский P _{1s}			

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

палеозойская PZ	251+3	Нижний T ₁	Сибирский P ₁ Индский T ₁	
	Пермская P <small>выделены Родриго Мурчисон (1841) предстоя Урала (Россия)</small>	265+9	Татарский P ₃	Вятский P _v Северодвинский P _s
		270+6	Биармийский P ₂	Уржумский P _{ur} Казанский P _{kz}
		295±5	Приуральский P ₁	Уфимский P _u Кунгурский P _k Артинский P _{ar} Сакмарский P _s Ассельский P _a
	Каменноугольная C <small>выделены Вильям Кошбер и Вильям Филлис (1839) Англия</small>	300	Верхний C ₃	Гжельский C _g Касимовский C _k
		360	Средний C ₂	Московский C _m Башкирский C _b
		360	Нижний C ₁	Серпуховский C _s Визейский C _v Турнейский C _t
	Девонская D <small>выделены Адам Седжвик и Роберт Мурчисон (1839) графство Девон (Девоншир), Англия</small>	382	Верхний D ₃	Фаменский D _{fm} Франский D _f
		392	Средний D ₂	Живетский D _{žv} Эйфельский D _{ef}
		418+2	Нижний D ₁	Эмский D _e Пражский D _p Лохковский D _l
	Силурийская S <small>выделены Роберт Мурчисон (1839), Уэльс (Англия)</small>	433	Верхний S ₂	Пржидольский S _p Лудловский S _{ld}
		443+2	Нижний S ₁	Венлокский S _v Лландоверийский S _l
	Ордовикская O <small>выделены Чарльз Ливер (1879) Уэльс (Англия)</small>	450	Верхний O ₃	Ашгиллский O _a Карадокский O _k
		490+2	Средний O ₂	Лланвиринский O _l Аренгский O _a
		490+2	Нижний O ₁	Тремадокский O _t
Кембрийская C <small>выделены Адам Седжвик (1835) Кембрийские горы (Уэльс, Англия)</small>	500	Верхний C ₃	Батырбайский C _{bt} Аксайский C _{ak} Сакский C _s Аюсоканский C _{as}	
	500	Средний C ₂	Майский C _m Амгинский C _{am}	
	535±1	Нижний C ₁	Тойонский C _t Ботомский C _b Атдабанский C _{at} Томмотский C _t	

Учебное издание

БАРАНОВА Маргарита Николаевна

ВАСИЛЬЕВА Дарья Игоревна

БУХМАН Любовь Михайловна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор, корректор А.А. Сыромятников

Технический редактор Ю.И. Кобылянская

Подписано в печать 27.03.2018 г.

*Формат 60*84/16. Бумага офсетная. Печать оперативная.*

У.п.л. 10. Уч.-изд.л. 6,5.

Тираж 50 экз.

Рег. № 46/18 .

*Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус*